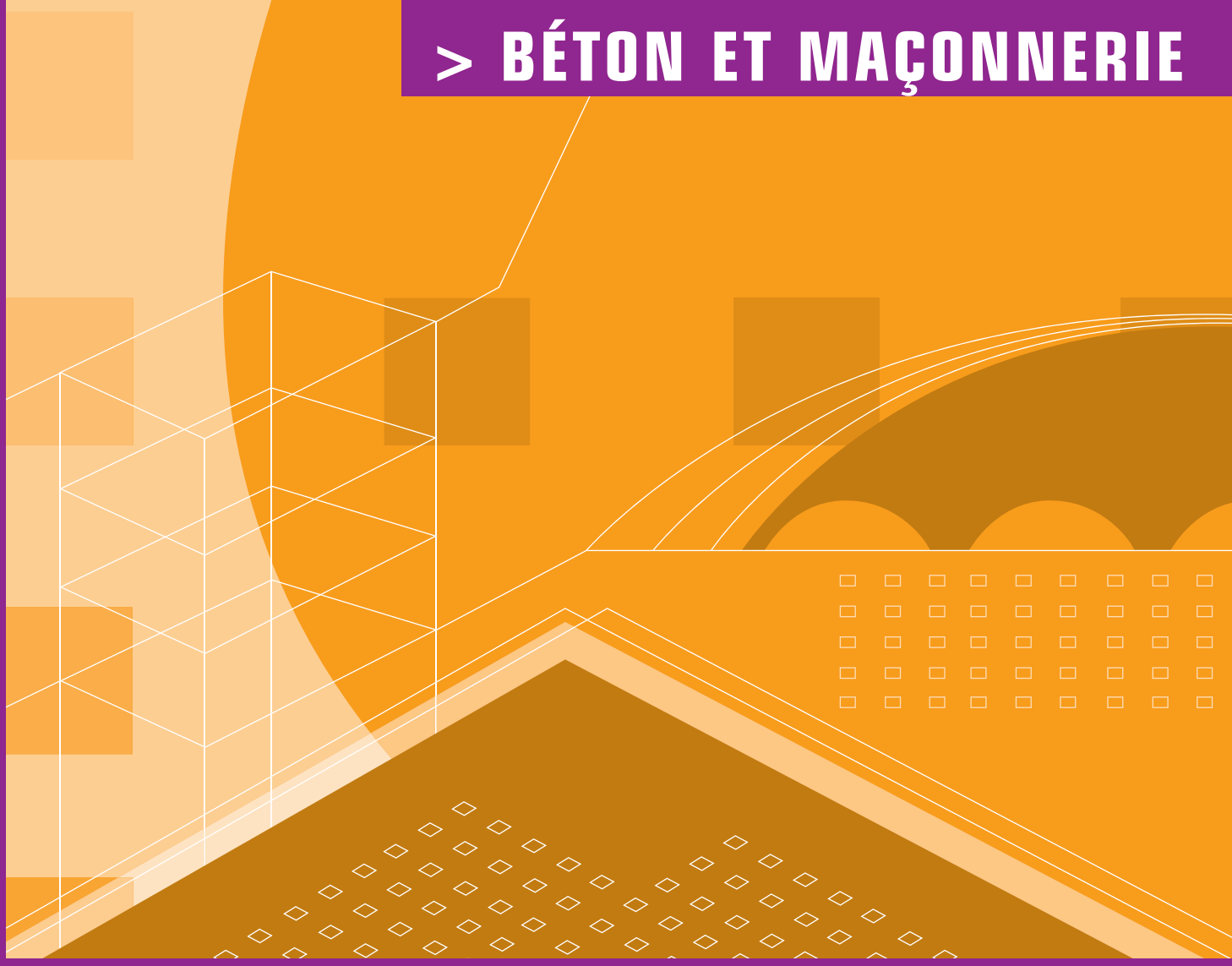
I FABEM I GUIDES STRRES I

> BÉTON ET MAÇONNERIE



3

VERSION 2

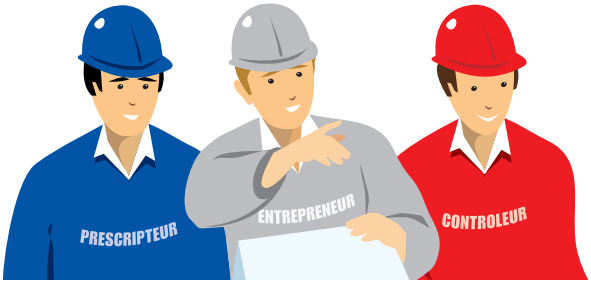
Traitements des fissures **par injection**

STRRES
NOTRE TALENT DÉFIE LE TEMPS

UNE ÉDITION DU SYNDICAT NATIONAL DES ENTREPRENEURS SPÉCIALISTES DE TRAVAUX DE RENFORCEMENT DE STRUCTURES (STRRES) I **NOVEMBRE 2013**

Le présent guide s'adresse **aux entrepreneurs** qui ont à réaliser le traitement de fissures **par injections.**

Il concerne aussi les deux autres acteurs de l'opération que sont **le prescripteur** et **le contrôleur (maître d'œuvre ou son représentant).**



Les trois intervenants, le maître-d'œuvre (le prescripteur), l'entrepreneur et le contrôleur.

SOMMAIRE

MODE D'EMPLOI DU PRÉSENT GUIDE 6

INTRODUCTION 8

1 DÉFINITIONS 11

2 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE 17

3 ÉTUDES PRÉLIMINAIRES 19

4 PRÉPARATION DE L'OPÉRATION, CHOIX DES PRODUITS ET DU MATÉRIEL 21

4.1 GÉNÉRALITÉS 22

4.2 CHOIX DES PRODUITS 24

4.2.1 GÉNÉRALITÉS SUR LES PRODUITS ET SYSTÈMES UTILISÉS LORS DE RÉPARATIONS OU DE RENFORCEMENTS 24

4.2.1.1 Généralités 24

4.2.1.2 Exigences de performance 25

4.2.1.3 Niveau du système d'attestation de conformité 25

4.2.1.4 Niveau de réaction au feu 25

4.2.1.5 Certification volontaire – Marques de qualité 25

4.2.2 CRITÈRES DE CHOIX DES PRODUITS D'INJECTION 26

4.2.2.1 Généralités sur le choix des produits et systèmes d'injection 26

4.2.2.2 Critères de choix liés aux spécificités de l'injection 29

4.2.2.3 Critères de choix liés aux familles de produits et systèmes d'injection 32

4.2.2.4 Critères de choix liés aux marques de certification 35

4.2.2.5 Critères de choix liés à la santé, la sécurité, la protection de l'environnement... 35

4.2.2.6 Choix définitif des produits ou systèmes d'injection 36

4.2.3 ÉPREUVE D'ÉTUDE DES PRODUITS D'INJECTION 36

4.2.4 CRITÈRES DE CHOIX DES PRODUITS DE CACHETAGE 37

4.3 CONDITIONNEMENT DES PRODUITS **38**
4.3.1 CONDITIONNEMENT DES PRODUITS PRÊTS À L'EMPLOI **38**
4.3.2 CONDITIONNEMENT DES PRODUITS FABRIQUÉS SUR LE CHANTIER **39**
4.4 TRANSPORT ET STOCKAGE DES PRODUITS **40**
4.5 MATÉRIELS À UTILISER **41**
4.5.1 GÉNÉRALITÉS **41**
4.5.2 MALAXEURS **41**
4.5.3 POMPES ET RÉSERVOIRS D'INJECTION **42**
4.5.4 LIAISONS ENTRE LES POMPES OU LES RÉSERVOIRS ET LES INJECTEURS **47**
4.5.5 INJECTEURS (OU ÉVENTS) **47**
4.5.5.1 Injecteurs collés **47**
4.5.5.2 Injecteurs forés **48**

5 MODES OPÉRATOIRES **51**
5.1 GÉNÉRALITÉS **52**
5.2 PRÉPARATION DU SUPPORT **53**
5.2.1 GÉNÉRALITÉS **53**
5.2.2 EXEMPLES DE DÉFAUTS DU SUPPORT ET CLASSIFICATION DES FISSURES **54**
5.2.3 RELEVÉ DES DÉFAUTS ET DES FISSURES **54**
5.2.4 NETTOYAGE DES FISSURES **56**
5.3 PRÉPARATION DE L'INJECTION **57**
5.4 RÉALISATION DE L'INJECTION **62**
5.4.1 GÉNÉRALITÉS **62**
5.4.2 PRÉPARATION DES PRODUITS **62**
5.4.2.1 Cas des produits prêts à l'emploi **62**
5.4.2.2 Cas des produits fabriqués sur le chantier **63**
5.4.3 CONDUITE DE L'INJECTION **63**
5.4.3.1 Généralités **63**
5.4.3.2 Cas des fissures en présence d'eau libre ou sous pression **65**
5.4.4 TRAVAUX DE FINITION **66**

6 ESSAIS ET CONTRÔLES **67**
6.1 GÉNÉRALITÉS **68**
6.2 CONTRÔLES DE RÉCEPTION DES PRODUITS **69**
6.2.1 GÉNÉRALITÉS **69**
6.2.2 CAS DES PRODUITS PRÊTS À L'EMPLOI **70**
6.2.3 CAS DES PRODUITS FABRIQUÉS SUR LE CHANTIER **71**

6.3 ÉPREUVE DE CONVENANCE 72
6.3.1 GÉNÉRALITÉS 72
6.3.2 ÉPREUVE DE CONVENANCE DE PRÉPARATION DU SUPPORT 74
6.3.3 ÉPREUVE DE CONVENANCE D'INJECTION 74
6.4 CONTRÔLES D'EXÉCUTION 75
6.4.1 GÉNÉRALITÉS 75
6.4.2 CONTRÔLES D'EXÉCUTION LORS DE LA PRÉPARATION DU SUPPORT 75
6.4.3 CONTRÔLES D'EXÉCUTION DE L'OPÉRATION D'INJECTION, DE SA PRÉPARATION À SON ACHÈVEMENT 77
6.4.3.1 Contrôles d'exécution lors de la préparation de l'opération d'injection 77
6.4.3.2 Contrôles d'exécution lors de la préparation des fissures 78
6.4.3.3 Contrôles d'exécution lors de la préparation des produits d'injection 78
6.4.3.4 Levée du point d'arrêt avant la réalisation des injections 79
6.4.3.5 Contrôles d'exécution lors de la réalisation des injections 79
6.4.3.6 Contrôles d'exécution après injection 81
6.5 RÉCEPTION DES TRAVAUX 84

7 HYGIÈNE ET SÉCURITÉ 85
7.1 RAPPEL DES OBLIGATIONS 86
7.2 CAS PARTICULIER D'UN CHANTIER DE TRAITEMENT DE FISSURES 87

8 GESTION DES DÉCHETS DU CHANTIER 90
8.1 RAPPEL DES OBLIGATIONS 91
8.2 CAS PARTICULIER D'UN CHANTIER DE TRAITEMENT DE FISSURES 93

9 FICHE SYNTHÉTIQUE DU PAQ 94

TABLE DES ILLUSTRATIONS 97

ANNEXE : DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE 100

1 LES NORMES 101
1.1 GÉNÉRALITÉS 101
1.2 NORMES ET DOCUMENTS CONNEXES RELATIFS À LA PROTECTION ET À LA RÉPARATION DES STRUCTURES EN BÉTON 102
1.2.1 INCIDENCES DE LA NORMALISATION EUROPÉENNE 102
1.2.2 NORMES EUROPÉENNES DE LA SÉRIE 1504-** 102

1.3 NORMES FRANÇAISES **104**
1.3.1 GÉNÉRALITÉS **104**
1.3.2 NORMES DE LA SÉRIE P95-10* **104**
1.3.3 NORMES DE LA SÉRIE P18-8** RELATIVES AUX PRODUITS DE RÉPARATION POUR BÉTON **105**
1.4 NORMES RELATIVES AUX PRODUITS D'INJECTION FABRIQUÉS SUR CHANTIER **107**
1.4.1 NORMES ET FASCICULES DE DOCUMENTATION RELATIFS AUX CIMENTS **107**
1.4.2 NORMES ET FASCICULES DE DOCUMENTATION RELATIFS AUX ADJUVANTS ET COULIS **108**
1.4.3 PRINCIPALES NORMES ET FASCICULES DE DOCUMENTATION RELATIFS AUX PRODUITS ET SYSTÈMES D'INJECTION **109**
1.5 NORMES D'ESSAIS - CONTRÔLES D'EXÉCUTION **110**
1.6 AGRÉMENTS TECHNIQUES EUROPÉENS (P.M.) **110**
1.7 MARQUE NF – PRODUITS SPÉCIAUX DESTINÉES AUX CONSTRUCTIONS EN BÉTON HYDRAULIQUE **111**

2 FASCICULES DU CCTG ET DTU **111**

3 GUIDES ET DOCUMENTS TECHNIQUES **112**

4 DOCUMENTS ET TEXTES DIVERS **112**

AVERTISSEMENT

Le présent document a été rédigé dans l'optique d'une opération d'injection lourde et complexe. Il peut être adapté à l'importance du chantier mais sans pour cela oublier les conséquences qui résulteraient d'une mauvaise injection. Il est donc indispensable que soient respectées les exigences des normes et autres documents visés en référence en annexe au présent guide (sous réserve qu'ils soient applicables à l'opération) ainsi que la démarche qualité développée dans le présent texte.

Validité des normes : une norme fait appel pour son application à des documents de référence. Si ceux-ci sont :

- Datés, seule l'édition citée s'applique ;
- Non datés, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

MODE D'EMPLOI DU PRESENT GUIDE

Premier cas : le traitement des fissures à mettre en œuvre seul ou associé à **une méthode de réparation ou de renforcement** a été fixé à la suite **d'une étude** (recherche des causes des désordres et mise au point d'un projet). Il reste à choisir les produits ou systèmes et le matériel de mise en œuvre, à appliquer les produits ou systèmes et à contrôler l'ensemble de l'opération. Il suffit donc de suivre les indications à toutes les étapes de l'opération qui figurent dans les parties du présent guide consacrées à l'**injection des fissures (parties 4 à 6 complétées par les parties 7 à 9).**

Deuxième cas : la structure présente des désordres dont les causes restent floues et, bien entendu, la technique de réparation et/ou renforcement à mettre en œuvre n'a pas été fixée. Dans un tel cas, il faut se reporter au **GUIDE FABEM 1**, qui décrit pour les structures en béton armé et précontraint :

- les différents désordres et leurs causes,
- la méthodologie à suivre lors de la réalisation d'une expertise dans le but d'aboutir à un diagnostic et un pronostic,
- la consistance d'un projet de réparation ou de renforcement,
- les différentes techniques de réparation ou de renforcement à mettre en œuvre en fonction des désordres constatés et de leurs causes (cette partie du guide renvoie au guide appartenant à la collection **des guides du STRRES** qui traite de la technique à mettre en œuvre).

MODIFICATIONS APPORTÉES AU GUIDE FABEM 3

La version précédente du guide datée de 2007 avait pour base les normes de la série **P18-8**** qui concernaient à la fois les produits de réparation comme ceux d'injection et les contrôles à effectuer. En outre, elle s'appuyait sur la norme **NF P95-103** de juin 1993 relative au traitement des fissures et à la protection du béton.

Le choix, la mise en œuvre et le contrôle des produits de réparation relevant actuellement des normes de la série **NF EN 1504-****, la norme **NF P95-103** a dû être révisée et sa nouvelle version date de 2013. Il a donc été nécessaire de réviser également le **GUIDE FABEM 3**. De plus, ce guide étant le plus ancien de la série **FABEM**, il a été jugé nécessaire de tenir compte de l'articulation des guides rédigés récemment ce qui a entraîné l'ajout de nouveaux articles et, par voie de conséquence, une modification de la numérotation de la plupart des articles.

Le guide fait aussi référence aux exigences en matière de qualité et de respect de l'environnement par l'intermédiaire du fascicule 65 du CCTG[1]. Ces exigences, dans le cadre des clauses communes[2], doivent être intégrées dans les différents fascicules du CCTG au fur et à mesure de leur révision.

Les articles nouveaux et ceux ayant subit les plus grandes modifications sont listés dans le tableau ci-après :

N°des articles	Titre	Modifications et compléments
	Mode d'emploi	Article nouveau que l'on trouve dans les guides **FABEM** les plus récents.
	Introduction	Article fortement modifié qui comporte : - une présentation des normes de la série **NF EN1504-**** applicables, - l'introduction de deux notions : **le principe** (dans le sens de fonction) et **les méthodes de réparation associées**. Ces notions apparaissent dans les normes **NF EN1504-9 et NF EN1504-10.**
1	**Définitions**	Article légèrement modifié avec l'introduction de définitions nouvelles.
3	**Étude préliminaire**	Article nouveau, qui rappelle la nécessité impérative de rechercher les causes des désordres avant de procéder aux **opérations de protection et de réparation** et qui donne la démarche à suivre conformément à la norme **NF EN1504-9.**
4	**Préparation de l'opération, choix des produits et du matériel**	Article dont la partie sur le choix des produit est quasiment entièrement nouvelle puisque basée sur la norme **NF EN1504-5** relative aux produits et systèmes d'injection du béton. Le reste de l'article n'a subit que quelques corrections de détail.
5	**Mode opératoire**	Article comportant quelques améliorations et surtout l'introduction de l'injection dite par groupe d'évents qui complète l'injection évent après évent.
6	**Essais et contrôles**	Article modifié pour tenir compte des divers essais figurant dans la norme **NF EN1504-10.**
ANNEXE	**Documents de référence**	mise à jour complète pour supprimer les normes obsolètes, introduire les normes de la série **1504-**** applicables ainsi que les normes relatives à de nouveaux essais. De plus, la mise à jour porte sur toutes les dates de valeur des normes listées.

***Tableau n° 1** : principales modifications apportées au GUIDE FABEM 3 de 2007.*

1 Fascicule révisé en cours de validation.

2 Se reporter aux clauses communes parues dans le référentiel génie civil 2010.

INTRODUCTION

Le béton est un matériau qui, par sa nature, présente une porosité, une perméabilité et une microfissuration plus ou moins importantes. Il peut également présenter des vides et interstices. Lorsque, sous diverses causes, la fissuration du béton devient excessive, elle doit être traitée. Deux cas se présentent : **l'ouvrage ne présente pas ou présente une insuffisance structurale :**

1. Lorsque l'ouvrage ne présente **aucune insuffisance de résistance structurale,** le traitement des fissures a pour but de satisfaire **au principe 1** des normes **NF EN1504-9 et NF EN1504-10 : protection contre toute pénétration.** Les deux méthodes de réparation permettant de satisfaire au principe 1 sont :

- **la méthode 1.4 :** colmatage superficiel des fissures **(NF EN1504-9)** ou fissures colmatées superficiellement **(NF EN1504-10)** ;
- **la méthode 1.5 :** colmatage des fissures **(NF EN1504-9)** ou remplissage des fissures **(NF EN1504-10)**.

Note : les deux normes européennes (version française) utilisent des termes légèrement différents pour qualifier les mêmes méthodes de traitement des fissures.

> Les méthodes de traitement des fissures sont présentées dans les trois guides du STRRES de la famille FABEM suivants :

- **GUIDE FABEM 2 :** TRAITEMENT DES FISSURES PAR : CALFEUTREMENT OU PONTAGE ET PROTECTION LOCALISÉE OU CRÉATION D'UN JOINT DE DILATATION ;
- **GUIDE FABEM 3 :** TRAITEMENT DES FISSURES PAR INJECTION ;
- **GUIDE FABEM 4 :** PROTECTION DES BÉTONS.

Le traitement des fissures peut cependant nécessiter l'utilisation de **certaines techniques très spécifiques,** par exemple dans le cas des structures immergées, des ouvrages souterrains…

2. Dans le cas où l'ouvrage présente une **insuffisance structurale,** le traitement des fissures a pour but de satisfaire **au principe 4** des normes **NF EN1504-9** et **NF EN1504-10** : renforcement structural. Les deux méthodes de réparation permettant de satisfaire au principe 4 sont :

- **la méthode 4.5 :** injection dans les fissures, vides et interstices **(NF EN1504-9)** et **(NF EN1504-10) ;**
- **la méthode 4.6 :** colmatage des fissures, vides et interstices **(NF EN1504-9)** ou remplissage des fissures, vides et interstices **(NF EN1504-10).**

Note : le terme **réparation : « mesure destinée à rectifier les défauts dans une structure »** est parfaitement défini dans la norme **NF EN1504-9** (il n'a pas été repris dans la norme **NF EN1504-10**) alors que le terme **renforcement** ne l'est pas. Ce terme apparaît cependant dans le tableau 1 de chaque norme européenne dans le cadre du **principe 4 : renforcement structural,** qui vise les méthodes qui permettent **de restaurer** ou **de renforcer** la capacité portante structurale d'un élément d'une structure. **Cette définition du renforcement** est en contradiction avec les **habitudes françaises.** Le présent guide a été rédigé conformément à nos usages à savoir :

- **la réparation** rend à une structure **l'état de service** pour lequel elle a été conçue ;
- **le renforcement** donne à une structure **un nouvel état de service.**

Dans le cas d'une insuffisance structurale, la réparation ou le renforcement associent alors un **traitement des fissures** permettant de reconstituer **la continuité de la matière** à d'autres **méthodes de réparation,** comme **l'ajout de matière** (béton ou armatures passives) ou **de forces** (armatures actives, déformations imposées), méthodes qui sont traitées dans **les six guides du STRRES** suivants :

- **GUIDE FABEM 1** : REPRISE DES BÉTONS DÉGRADÉS ;
- **GUIDE FABEM 5** : BÉTON PROJETÉ ;
- **GUIDE FABEM 6** : RÉPARATION ET RENFORCEMENT DES MAÇONNERIES ;
- **GUIDE FABEM 7** : RÉPARATION ET RENFORCEMENT DES STRUCTURES PAR ARMATURES PASSIVES ADDITIONNELLES ;
- **GUIDE FABEM 8** : RÉPARATION ET RENFORCEMENT DES STRUCTURES PAR PRÉCONTRAINTE ADDITIONNELLE ;
- **GUIDE FAFO 1** : RÉPARATION ET RENFORCEMENT DES FONDATIONS.

Dans ces guides, les techniques d'injection sont utilisées pour régénérer des maçonneries, pour combler des vides ou des nids de cailloux à l'intérieur d'un élément en béton, pour sceller des armatures passives, pour réinjecter un conduit de précontrainte mal injecté, pour augmenter la force portante d'un terrain de fondation…

Pour choisir la technique de traitement des fissures et, si nécessaire, y associer une **ou des méthodes de réparation ou de renforcement,** il faut se reporter aux indications développées aux débuts **du GUIDE FABEM 1** dans les parties consacrées à la méthodologie de l'expertise, du diagnostic et du projet de réparation.
Il convient de rappeler que **les différents traitements des fissures** peuvent aussi s'additionner (par exemple, après une injection des fissures d'une structure et l'ajout d'une précontrainte additionnelle, un revêtement de protection généralisée peut être mis en œuvre, soit pour améliorer l'aspect visuel de la structure, soit pour augmenter la durabilité de la réparation).
Les photos qui suivent donnent **des exemples de fissures pouvant** être traitées par **les différentes techniques de traitement des fissures** auxquelles peuvent s'ajouter **d'autres techniques** en présence **d'une insuffisance structurale.**

Photo n° 1 : fissures caractéristiques des cassures dites du béton frais (crédit photo Poineau)

Photo n° 2 : fissure due à une insuffisance de résistance à la flexion d'une poutre en béton précontraint (crédit photo LRPC d'Aix-en-Provence)

Photo n° 3 : fissuration due à une alcali-réaction du piédroit d'une culée (crédit photo Poineau)

Les différents guides du STRRES susvisés s'appuient sur les normes européennes de la série **NF EN1504-**** (Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton) et sur les normes françaises de la série **NF P95-1**** (Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie).

Note : la plupart des normes de la série **NF P95-1**** n'ont pas été révisées depuis leur parution, elles sont donc en partie obsolètes, principalement sur leurs références normatives. Cependant, la norme **NF P95-101** (Reprise du béton armé dégradé superficiellement) est en cours de révision et la révision de la norme **NF P95-103** (Traitement des fissures et protection du béton) vient d'être achevée.

Il est rappelé que les normes européennes **NF EN1504-9** et **NF EN1504-10** définissent **des principes** à respecter et donnent **les méthodes de réparation** ou de **renforcement** qui permettent de satisfaire **aux principes,** comme l'indique le tableau récapitulatif ci-après extrait de la norme **NF P95-103,** tableau relatif aux différents traitements des fissures.

Principe	Méthodes et normes de référence	Commentaires
Principe 1 - Protection contre toute pénétration	1.4 Colmatage superficiel des fissurations (pontage des fissures) 1.5 Colmatage des fissures (NF EN1504-5) 1.6 Transformation de fissures en joints	A ces méthodes, il convient d'ajouter le **calfeutrement** qui n'est pas visé explicitement par les normes de la série **NF EN1504.**
Principe 4 - Renforcement structural	4.5 Injection dans les fissures, les vides ou les interstices (NF EN1504-5)	Une simple injection des fissures ne suffit généralement pas à assurer un complet renforcement structural. Des méthodes de renforcement complémentaires sont le plus souvent à prévoir (cf. méthodes de réparation ou de renforcement 4.1 à 4.4 et 4.7). Un cachetage préalable des fissures est, en règle générale, nécessaire.
	Pour mémoire : 4.6 Colmatage des fissures, des vides et des interstices (NF EN1504-5)	*Le colmatage n'ayant pas pour objet de remplir "complètement" la fissure, la norme **NF P95-103** ne retient pas cette méthode comme répondant au principe de renforcement structural.*

***Tableau n° 2** : extrait partiel du tableau n°1 de la norme NF EN1504-9 relatif aux méthodes de traitement des fissures (tableau tiré de la norme NF P95-103).*

Note : le terme **"fonction"** qui est plus explicite que **le terme "principe"** est préférentiellement utilisé dans les **guides du STRRES,** dans les normes de la série **P95-1**** et dans le guide d'application **GA P18-902** : Recommandations pour la sélection des systèmes de protection de surface des bétons destinés aux ouvrages de génie civil.

1 Définitions[3]

[3] *Se reporter également au guide technique du LCPC de 1996 qui contient un glossaire des différents termes techniques.*

- **Schéma Directeur de la Qualité (SDQ) :** document établi par **le maître d'œuvre** qui, pour une opération donnée et s'il y a lieu, présente l'organisation d'ensemble pour la qualité de réalisation du ou des ouvrages et la gestion des interfaces, et assure la cohérence et la complémentarité des plans qualité de tous les intervenants.

  Un projet de Schéma Directeur de la Qualité est annexé au **marché**.

- **Schéma Organisationnel du Plan Qualité (SOPAQ) :** document fourni par une entreprise au sein de son offre en phase de consultation, énonçant les principales dispositions d'organisation et de contrôles qu'elle s'engage, si son offre est retenue, à mettre en œuvre et à développer dans son **Plan Qualité (PAQ).**

  Un projet de Schéma Organisationnel du Plan Qualité est annexé au **marché**.

- **Plan de Contrôle Global[4] (PCG) :** document établi par le **maître d'œuvre** et validé par le **maître de l'ouvrage,** organisant, pour l'opération, la coordination et la complémentarité des opérations de contrôle intérieur des différents intervenants et de contrôle extérieur. Ce plan fait partie des clauses communes aux fascicules du **CCTG** (se reporter au **fascicule 65**).

Note : se reporter au sous-article de l'article "Essais et contrôles".

- **Notice de respect de l'environnement[5] (NRE) :** cette notice est rédigée par le **maître de l'ouvrage** et intégrée aux pièces écrites du **marché.** Cette notice fait partie des clauses communes aux fascicules du **CCTG** (se reporter au **fascicule 65**). Elle fixe les responsabilités et les exigences en matière d'environnement.

Note : se reporter au sous-article de l'article "Gestion des déchets du chantier".

- **Fissures :** les différentes caractéristiques d'une fissure (largeur, ouverture, tracé, profondeur, activité [passive ou morte, active], souffle ou mouvement, etc.) sont définies par la norme **NF P95-103** qui complète, en tant que de besoin, les normes de la série **NF EN1504-**.**

  Les différents traitements des fissures sont synthétisés dans la figure 2 adaptée de la figure 1 de la norme **NF P95-103** et sont définis ci-après.

Note : la figure ci-après montre qu'un certain nombre de termes techniques n'ont pas été traduits de la même façon dans les normes **NF EN1504-9** et **NF EN1504-10**. De plus, des méthodes de réparation ont été ajoutées dans la norme **NF EN1504-9**. La lecture de ces textes s'en trouve compliquée. Aussi, il a été nécessaire de redéfinir tous les termes lors de la rédaction de la norme **NF P95-103** de façon à éviter des confusions et également d'ajouter le traitement par calfeutrement non visé dans les normes de la série **NF EN1504-**.**

4 Fait partie des clauses communes aux fascicules du CCTG.
5 Fait partie des clauses communes aux fascicules du CCTG.

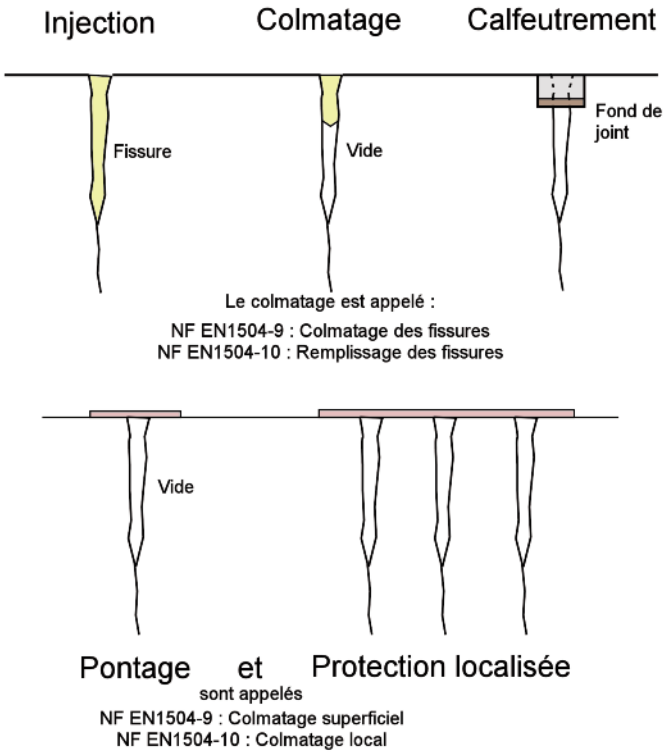


***Figure n° 2** : les différents traitements des fissures*

- **Injection :** elle a pour but de faire pénétrer dans des fissures un produit susceptible de créer une continuité mécanique et/ou une étanchéité entre les parties disjointes.

Photo n° 4 : injection de fissures au pont de Châlons-en-Champagne (crédit photo Sétra)

La norme NF EN1504-5 (Produits et systèmes d'injection du béton), évoque, pour le remplissage des fissures, l'utilisation **de produits ou de systèmes** tels que le remplissage obtenu dans les fissures, vides et interstices dans le béton :

- puisse transmettre les efforts. Il s'agit des produits et systèmes dits de classe F. Ce remplissage est normalement complétée par d'autres méthodes de réparation structurale comme la précontrainte additionnelle, etc. ;
- soit ductile et assure une protection contre la pénétration de l'eau et des agents agressifs. Il s'agit des produits et systèmes dits de classe D ;
- soit expansif et assure une protection contre la pénétration de l'eau. Il s'agit des produits et systèmes dits de classe S.

- **Cachetage** (le terme calfatage est parfois utilisé) : il a pour but d'**obturer provisoirement une fissure pendant l'injection** afin de contenir le liquide injecté dans la fissure jusqu'à sa prise.
- **Colmatage :** il a pour but l'obturation d'une fissure, vide, interstice ou joint par **un remplissage partiel** au moyen d'une injection ou de toute autre méthode sur une certaine profondeur et sans élargissement. Il s'agit de **la méthode 1.5** « colmatage » visée par l'annexe A.8.2.6 de la norme **NF EN1504-10.**

Note : le colmatage n'ayant pas pour objet de remplir "complètement" la fissure, la norme **NF P95-103** ne retient pas cette méthode comme répondant **au principe 4 de renforcement structural.**

- **Calfeutrement :** il a pour but de colmater **définitivement et en profondeur une fissure** au moyen d'un produit souple (mastic ou mortier) après élargissement par une saignée afin de rétablir une étanchéité à l'air ou à l'eau mais sans bloquer les mouvements de la fissure. La série des normes **NF EN1504-**** ne couvre pas cette méthode de réparation qui est d'ailleurs explicitement exclue par la norme **NF EN1504-5.** Le calfeutrement est traité dans **le GUIDE FABEM 2.**

Photo n° 5 : calfeutrement de fissures à l'aide d'un mortier à base de liants hydrauliques (crédit photo Poineau)

Photo n° 6 : calfeutrement d'une fissure à l'aide d'un mastic à base de liants organiques (crédit photo Freyssinet)

- **Pontage et protection localisée :** ils ont pour but de **recouvrir une fissure au moyen d'un produit souple adhérent à la surface du support** (revêtement, feuille préfabriquée…) afin de rétablir une étanchéité à l'air ou à l'eau mais sans bloquer les mouvements de la fissure. Pour éviter une rupture du pontage, celui-ci ne doit pas être adhérent à proximité de la fissure (c'est ce que l'on appelle la rupture d'adhérence). Ces traitements sont applicables aux fissures qui n'engagent pas la résistance de la structure. Ils recouvrent **le principe 1.4** « colmatage superficiel des fissurations » ou « colmatage local » suivant les termes utilisés dans les normes de la série **NF EN1504-**.** Le pontage concerne une seule fissure et la protection localisée une zone restreinte avec une ou plusieurs fissures. Le pontage et la protection localisée sont traités dans **le GUIDE FABEM 2.**

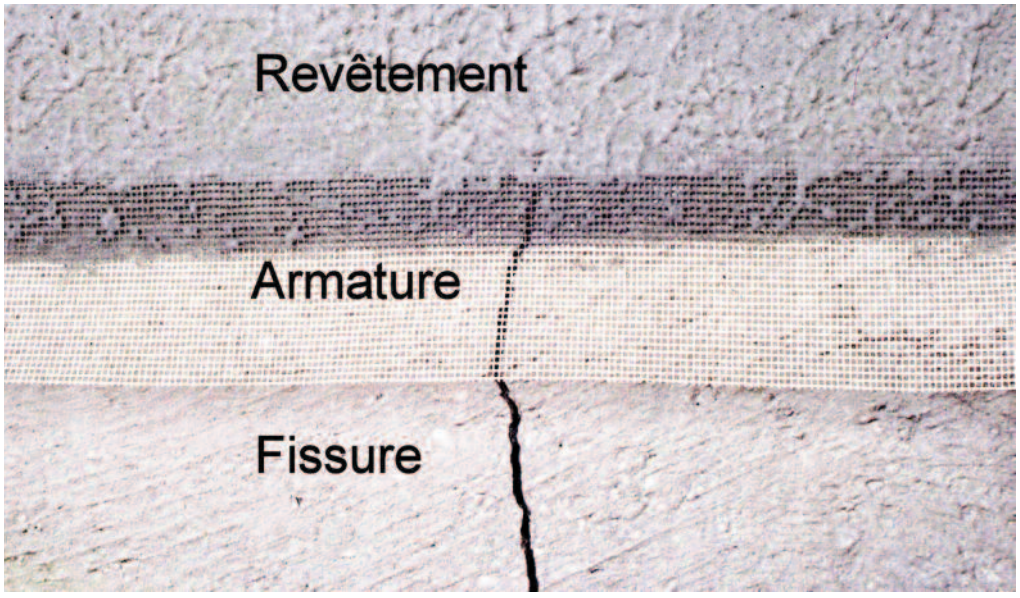


Photo n° 7 : pontage d'une fissure avec incorporation d'une armature (d'après un document Sika relatif au SikaTop107 – crédit photo Sika)

- **Protection généralisée :** cette technique, qui est traitée dans le **GUIDE FABEM 4,** consiste à mettre en œuvre sur la surface de la structure non fissurée ou fissurée, sous réserve que les fissures n'engagent pas la résistance de la structure, un revêtement qui ferme les fissures et qui peut remplir d'autres rôles, tels que :

  - la protection contre les pénétrations (eau, gaz, agents agressifs…),
  - la protection contre des actions physiques (abrasion, érosion, gel/dégel…),
  - l'aspect,
  - etc.

Note : le GUIDE FABEM 4, qui traite de la protection des bétons, renvoie en tant que de besoin au **GUIDE FAEQ 2** de la famille « Équipements », qui traite des étanchéités.

- **Temps d'utilisation des produits :** le "délai maximal d'utilisation", la "durée de vie en pot", le "délai d'utilisation", la "durée pratique d'utilisation"(DPU), le "temps d'utilisation", le "temps ouvert" sont des termes utilisés dans les normes **NF EN1504-2** et **NF EN1504-5.**
  Bien que certains de ces termes correspondent à **des divergences de traduction,** tous ces termes recouvrent des mesures **"de durée de vie en pot"** effectuées **en laboratoire** sur **des quantités définies de produits mélangés** pour **une gamme de température définie.** Les résultats de ces mesures ont essentiellement un caractère d'identifiant.
  Ces durées de vie en pot mesurées ne sont pas transposables au chantier car, sur celui-ci, les conditions d'application des produits sont variables et différentes de celles du laboratoire : les quantités de produits mélangées, les techniques utilisées, les conditions hygrothermiques ambiantes et du support ne sont pas les mêmes. Toutes ces conditions influencent **"le temps d'utilisation réel"** du produit. Ce temps peut cependant être estimé lors **des essais de convenance.**

2

Documents de référence[6]

[6] *Parmi les documents de référence, il y a lieu de citer le chapitre 8 de l'ouvrage « Maintenance et réparation des ponts » relatif au traitement des fissures du béton, qui est paru aux Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées en 1997.*

L'évolution continuelle des documents de référence et, en particulier, des normes rend très rapidement caduc tout document imprimé. La liste des documents de référence visés dans le présent guide a donc été reportée dans une annexe avec **les dates de valeur de ces documents.** Il est à noter que les références normatives d'un certain nombre de textes, y compris de certaines normes, ne sont pas à jour.

Les mises à jour des documents de référence peuvent être recherchées sur les sites des organismes liés à la réparation dont une liste est annexée au GUIDE 0.

Rappel important

En général, les normes et les guides ne fixent ni le rôle de chacun des intervenants, ni les conditions de choix des produits et de leur mise en œuvre, ni la consistance exacte de l'épreuve d'étude, de convenance ou de contrôle (par exemple, types et nombre d'essais). Ils ne traitent pas non plus de ce qui relève des contrôles internes ou externes ou extérieurs à l'entreprise, etc. **Il appartient donc au marché de fixer les exigences correspondantes.**

Il est rappelé que, dans **un marché,** la contractualisation d'un texte tel qu'un guide, un fascicule **du CCTG, un DTU, une norme…** doit le plus souvent être complétée par **des exigences additionnelles a**daptées aux dispositions du texte et aux conditions de réalisation des travaux de réparation ou de renforcement à effectuer. Par exemple :

- dans un guide, seules certaines parties relèvent de la contractualisation ;
- un **DTU** fixe la liste des travaux relatifs au corps d'état concerné par celui-ci. Il attribue à d'autres corps d'état certains des travaux préparatoires. Enfin, il renvoie **aux documents particuliers du marché (DPM)** pour fixer certains des travaux du corps d'état qui n'ont pas été retenus dans la liste susvisée (ce point est explicité dans la remarque ci-après à cause de son incidence sur la rédaction des pièces **du marché**) ;
- une norme pouvant proposer **plusieurs niveaux de performances,** un choix est à faire ;
- les conditions climatiques (température et hygrométrie) retenues dans une norme pour les essais des produits peuvent ne pas correspondre à celles du chantier…

Remarque importante : un marché de bâtiment est décomposé le plus souvent en plusieurs marchés attribués à différents corps d'état. **Un marché de génie civil** fait appel le plus souvent à une entreprise générale ou à un groupement d'entreprises. Les textes officiels concernant ces deux domaines ont été rédigés en conséquence. Il faut donc en tenir compte lors de la rédaction **d'un marché** de réparation. Dans la mesure du possible **le présent guide** attire l'attention sur les particularités des deux domaines.

3

Études préliminaires

Comme **l'introduction commune** à l'ensemble **des guides du STRRES** le rappelle, l'expérience montre que, dans un certain nombre d'opérations de réparation, lors des travaux, **des dérapages dans les quantités et les coûts se produisent** ou bien, rapidement, voire quelques années après les travaux, **de nouveaux désordres apparaissent à proximité de la réparation ou celle-ci ne tient pas.** Toutes ces déconvenues sont, le plus souvent, **dues à la faiblesse du diagnostic lors des études préliminaires.**
En effet, certains **maîtres d'ouvrage** croient qu'il suffit pour réparer un ouvrage de traiter **les désordres apparents** (par exemple, les épaufrures, les éclatements, les armatures endommagées…) et, qu'en conséquence, pour eux, **les études préliminaires** portent uniquement sur le **relevé des désordres visibles** et sur le métré qui s'y rapporte. Il faut, en fait, procéder à **une évaluation de la structure en béton en suivant la procédure rappelée ci-après.**

ATTENTION, la norme **NF EN1504-9** impose que **l'évaluation de l'état réel** d'une structure en béton soit effectuée avant de procéder **aux opérations de protection et de réparation.** De plus, dans son annexe A (informative), elle en donne les lignes directrices.
En cas de contentieux, l'absence ou l'insuffisance des études préalables pourrait être prise en compte dans les motifs de la décision d'un tribunal.

La démarche à suivre développée dans le **GUIDE FABEM 1** pour aboutir **au projet de réparation ou de renforcement** est conforme au **processus** développé dans **le guide technique de 1996** édité par le **LCPC** et dans **le guide de novembre 2003** édité par **l'AFGC.** Un tel processus est imposé dans la norme européenne **NF EN1504-9** et a été repris dans la norme **NF P95-103. Cette démarche est rappelée ci-après.**

Toute opération de réparation a pour origine la prise en compte **d'observations alarmantes sur l'aspect d'une partie de bâtiment ou d'ouvrage.** Ces premières observations, après la prise **des premières mesures de sauvegarde** qui s'imposent, demandent évidemment à être approfondies et il faut entrer alors dans un **processus en sept étapes, qui comporte en 4ème position** une étape[7], parfois facultative, relative à la **mise en sécurité de l'ouvrage** en attendant les travaux ou pendant ceux-ci :

1. **la détection de la dégradation ;**
2. **l'auscultation – le diagnostic – le pronostic ;**
3. **l'établissement du projet de réparation ;**
4. **la mise en sécurité de l'ouvrage ;**
5. **la mise en œuvre des produits ;**
6. **les contrôles et vérifications des résultats ;**
7. **la surveillance.**

Il y a lieu de rappeler que la deuxième étape qui porte sur **« l'auscultation – le diagnostic – le pronostic »** est **essentielle.** Elle doit permettre d'identifier la maladie, d'en estimer l'étendue et d'en identifier les causes. **La qualité de ce diagnostic** revêt une grande importance pour le choix de la méthode de réparation, sa réussite ou son échec et, notamment, sa durabilité.

Se rappeler « que toute réparation sans un diagnostic préalable ou issue d'un diagnostic erroné est vouée à l'échec ».

Ce processus est développé dans les paragraphes 322 à 326 du GUIDE FABEM 1 qui sert d'introduction commune à tous les guides de la famille FABEM et que le lecteur est invité à consulter. Ces cinq paragraphes traitent :

1. **de la manifestation des désordres ;**
2. **des causes de dégradation des matériaux** (le béton et les armatures) **et des structures ;**
3. **des objectifs spécifiques de la réparation qui découlent des pathologies qui affectent les matériaux et/ou les structures ;**
4. **de l'expertise préalable et du diagnostic, y compris la mise en jeu des responsabilités et garanties ;**
5. **de la méthodologie d'élaboration d'un projet de réparation et du choix de la réparation en fonction des désordres rencontrés** (souvent plusieurs causes agissent de concert).

L'expérience montre que, malgré les soins apportés à la mise au point d'un projet de réparation, il est parfois nécessaire d'y apporter certaines modifications lors des travaux à cause des observations faites pendant ceux–ci (par exemple : l'absence de certaines des armatures, la non concordance entre la position des armatures sur les plans et dans la structure, la présence de nids de cailloux ou de vides…).

[7] Cette quatrième étape sur la mise en sécurité de l'ouvrage, qui est parfois incontournable, n'apparaît pas dans le guide technique de 1996 susvisé.

4

Préparation de l'opération, choix des produits et du matériel

4.1 Généralités
4.2 Choix des produits
4.3 Conditionnement des produits
4.4 Transport et stockage des produits
4.5 Matériels à utiliser

Figure n° 3 : préparation d'une opération de réparation

L'entrepreneur fait mettre en place **les moyens d'accès** et **les équipements d'hygiène et de sécurité** sur le lieu de l'injection en respectant les dispositions du marché, la législation en vigueur et les consignes du **coordonnateur sécurité et protection de la santé (coordonnateur SPS).**

> L'entrepreneur doit prendre connaissance et disposer en permanence des documents de la liste suivante non limitative :

- les normes en vigueur qui sont citées dans le présent guide et ses annexes et, en particulier, les normes **NF P95-103, NF EN1504-5, NF EN1504-9** et **NF EN1504-10** ;
- les articles **du marché** relatifs à l'injection des fissures ;
- **la procédure d'injection des fissures** annexée au **PAQ** ;
- **le cadre du document de suivi de l'injection des fissures** ;
- **la fiche technique** (ou notice d'emploi) de chacun des produits (produits d'injection et de cachetage, solvants…) ;
- **la fiche de données de sécurité (FDS)** de chaque produit dont la présence est imposée par la réglementation ;
- **les fiches techniques et les carnets d'entretien** du matériel d'injection et des autres matériels nécessaires (outils de mélange, moyens de pesée, etc.) ;
- **le plan de contrôle global** rédigé par **le maître d'œuvre** et validé par **le maître de l'ouvrage ;**
- les dispositions à respecter concernant l'hygiène et la sécurité et la protection de l'environnement et, en particulier, **la notice de respect de l'environnement (NRE)** ;
- etc.

Note : le plan de contrôle global et son contenu sont explicités dans le sous-article 6.1 de l'article 6 ci-dessous relatif aux essais et contrôles.

> L'entrepreneur doit organiser, exécuter et contrôler toutes les opérations suivantes :

- celles relatives à l'assurance de la qualité ;
- celles qui relèvent de l'injection ;
- celles qui doivent précéder l'injection (préparation du support et des fissures, préparation des produits…) ;
- celles qui doivent suivre l'injection ;
- celles relatives aux interventions **du laboratoire** chargé de certaines épreuves et de certaines mesures ;
- l'amenée et la mise en place des moyens d'accès et des équipements d'hygiène et de sécurité ;
- l'approvisionnement des matériaux et produits nécessaires ;
- l'amenée et la mise en place des matériels nécessaires à l'opération ;
- la réalisation **du relevé contradictoire** avec **le maître d'œuvre** de l'ensemble des fissures et de l'état des supports [relevé sur un plan de l'ensemble des fissures injectables (numérotation, longueur, ouverture, activité ou non, etc.)] ;
- la mise en place des dispositifs destinés à réduire les gradients thermiques visés dans l'article 5.3 ci-dessous (si prévue **au marché**) ;
- la mise en place du dispositif de chargement destiné à ouvrir les fissures pour faciliter l'injection et à assurer leur remise en compression à l'enlèvement des charges (si prévue **au marché**) ;
- la mise en œuvre de la précontrainte additionnelle de réparation[8] (si prévue **au marché**) ;
- la mise en œuvre des moyens de mesure destinés à contrôler l'efficacité de l'injection et des opérations connexes (si prévue **au marché**) ;
- etc.

[8] Se reporter au GUIDE FABEM 8 relatif à la réparation et au renforcement par précontrainte additionnelle.

4.2.1 GÉNÉRALITÉS SUR LES PRODUITS ET SYSTÈMES UTILISÉS LORS DE RÉPARATIONS OU DE RENFORCEMENTS

Cet article traite des produits et systèmes pour la réparation et la protection de structures en béton visés par les normes de la série **NF EN1504-**, du marquage CE** et **des marques de qualité** qui les accompagnent.

4.2.1.1 Généralités

Les normes harmonisées de la série **NF EN1504-**,** comme toutes les normes harmonisées relatives aux produits de construction, sont basées sur **un mandat** de **la Commission Européenne.** Elles permettent le **marquage CE** de ces produits. Ce marquage de nature réglementaire et obligatoire est basé sur **l'annexe ZA** de ces normes.

> Cette annexe ZA :

- liste les caractéristiques essentielles applicables au marquage CE ;
- définit les niveaux des systèmes d'attestation de conformité, à savoir les systèmes d'évaluation et de vérification de la constance de performances
- définit des niveaux de réaction au feu.

Le fabricant établit **une déclaration de performance** encadrée par **le niveau du système d'évaluation et de vérification de la constance de performances** qui permet **le marquage CE.**

> L'attention des prescripteurs est attirée sur le fait que les caractéristiques essentielles "qualifiantes" ne recouvrent pas forcément :

- toutes les caractéristiques de performance définies dans la norme pour **les différentes utilisations prévues,** c'est-à-dire, qui permettent de satisfaire à un ou plusieurs principes et à certaines fonctions (ces utilisations sont classées en deux catégories : **"toutes les utilisations prévues"** (repérées dans les tableaux par le symbole ■) et **"certaines des utilisations prévues"** (repérées dans les tableaux par le symbole □) ;
- toutes les exigences de performance pour **"des applications particulières"** qui sont normalement visées dans une annexe informative à la norme (par exemple, dans la norme **NF EN1504-5,** ces applications particulières concernent les produits d'injection des classes D et S) ;
- toutes les caractéristiques pertinentes applicables à **un projet particulier,** compte-tenu des conditions relatives à l'environnement, au climat, à la compatibilité avec les matériaux en place, etc.

Sauf exception, les produits et systèmes de protection et de réparation des structures en béton doivent donc présenter **les caractéristiques exigées** par la série des normes **NF EN1504-**.** De plus, **leur système d'attestation de conformité** doit appartenir, soit à **la classe 4,** qui concerne les produits et systèmes avec des exigences de performance peu élevées, soit à **la classe 2+** dans le cas contraire. En outre, s'ils doivent satisfaire à **une réglementation en matière de réaction au feu, leur système d'attestation de conformité** doit appartenir, suivant niveau de performance nécessaire, **aux classes 1, 2 ou 3.**

En conclusion, le marché doit fixer **les caractéristiques exigées** des produits et systèmes et **leurs niveaux de performance, les niveaux des systèmes d'attestation de conformité ainsi que les niveaux de performance en matière de réaction au feu et les diverses contraintes imposées au chantier.**

L'entrepreneur propose à l'acceptation **du maître d'œuvre** les produits et systèmes capables de satisfaire les exigences **du marché.** Les produits et systèmes ne sont définitivement retenus qu'au vu des résultats **de l'épreuve d'étude** éventuelle et **de l'épreuve de convenance.**

4.2.1.2 Exigences de performance

La fixation des niveaux de performance requis peut nécessiter de procéder à **des essais complémentaires spécifiques,** voire à **des procédures d'exécution particulières.**
Il est donc indispensable de consulter la norme produit de la série **NF EN1504-**** ainsi que les normes de référence **NF EN1504-9** et **NF EN1504-10** avant de fixer les performances auxquelles doit satisfaire le produit ou système à mettre en œuvre pour satisfaire aux diverses exigences ainsi qu'aux résultats des études et investigations préalables.

4.2.1.3 Niveau du système d'attestation de conformité

De même, le niveau du système d'attestation de conformité des produits et systèmes doit être fixé par **le maître d'œuvre** dans **le marché.** Il s'agit normalement du **niveau 2+** pour les ouvrages de génie civil.
La norme NF P95-103 indique que, pour les ouvrages de génie civil, il est normalement nécessaire d'avoir recours à des produits et systèmes de hautes performances et que, sauf disposition contraire **du contrat** (le marché), les produits et systèmes de traitement des fissures relèvent **d'un niveau d'attestation de conformité 2+.**

4.2.1.4 Niveau de réaction au feu

Lorsque ces produits et systèmes sont soumis à **une réglementation en matière de réaction au feu,** ils font l'objet d'attestation de conformité de plusieurs niveaux en fonction de la performance exigée. Il appartient **au marché** de fixer les niveaux d'attestation de conformité exigés.
Lorsqu'elle est requise pour des ouvrages visés par une réglementation de sécurité incendie (cas des tunnels par exemple), une attestation de conformité complémentaire de **niveau 3** est à fournir.

4.2.1.5 Certification volontaire – Marques de qualité

Il est rappelé qu'il ne faut pas confondre **une marque de certification** et **le marquage CE**[9]. Se reporter à l'INTRODUCTION GENERALE A TOUS LES GUIDES **(GUIDE 0)** qui explicite les règles du jeu.

Note : avant l'apparition des normes européennes, compte tenu de l'existence, en France, d'une série complète de normes sur les produits de réparation (normes de la série **P18-8****), **l'AFNOR** avait créé une marque spécifique **« Marque NF-Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique ». Le règlement NF 030** de cette marque a été adapté aux normes **NF EN1504** - parties 3 à 6.

[9] *Les annexe ZA des normes européennes harmonisées fixent rarement la classe (le niveau de performance) que doit respecter un produit ou un système pour bénéficier du marquage CE lorsque la partie normative prévoit plusieurs classes. C'est la fiche technique et l'étiquette qui renseignent sur la classe de performance de la norme que respecte le produit.*

Le marché peut imposer que les produits fassent l'objet **d'une certification volontaire** comme **la marque NF** "produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique.Des marques équivalentes peuvent coexister avec **la Marque NF.** Il est à noter que l'exigence d'un produit bénéficiant du droit d'usage d'une marque n'est pas imposée par les textes réglementaires.

4.2.2 CRITÈRES DE CHOIX DES PRODUITS D'INJECTION

Les choix des produits ou systèmes relatifs à une opération d'injection de fissures porte, d'une part, sur **le produit d'injection** proprement dit et, d'autre part, sur **le produit de cachetage** des fissures, qui est indispensable pour obturer les lèvres de la fissure durant l'injection afin de maintenir le liquide injecté jusqu'à sa prise.

> Le présent article :

- dans ses généralités :
  - rappelle **les méthodes de réparation** conformes **aux deux principes 1 et 4,**
  - résume les points essentiels de la norme **NF EN1504-5** à connaître pour pouvoir l'utiliser ;
- ensuite, liste **les différents critères de choix :**
  - spécificité de l'injection,
  - familles de produits et systèmes utilisables,
  - marques de certification,
  - santé, sécurité et protection de l'environnement ;
- enfin, résume la démarche à suivre.

4.2.2.1 Généralités sur le choix des produits et systèmes d'injection

4.2.2.1.1 Principes à appliquer et méthodes de réparation à utiliser

> Les caractéristiques que doivent présenter les produits ou systèmes d'injection sont couvertes par la norme NF EN1504-5. Ces produits et systèmes mis en place permettent de satisfaire les deux principes (fonctions) suivants conformément aux deux normes NF EN1504-9 et NF EN1504-10 :

- **la protection contre les risques de pénétration** d'agents agressifs et l'étanchéité **(principe 1)** obtenue par remplissage des fissures conformément à **la méthode 1.5** (colmatage des fissures) ;
- **le renforcement structural (principe 4)** obtenu par injection dans les fissures, vides ou interstices conformément à **la méthode 4.5.**

Rappel

La méthode 4.6 de renforcement structural par « colmatage » ou « remplissage », visée par les deux normes susvisées, n'est pas prise en compte par la norme **NF P95-103 et dans le présent guide** car, dans cette méthode, la fissure n'est que partiellement remplie.

Note : à signaler une incohérence dans l'article « Introduction » de la norme **NF EN1504-5 :** le remplissage ou colmatage des fissures correspond à **la méthode 1.5** et non pas à **la méthode 1.4**, comme indiqué. Il en est de même dans les tableaux 1a), 1b) et 1c) de la norme **NF EN1504-5**[10]**.**

4.2.2.1.2 Types de produits et systèmes utilisés

La classification des produits et systèmes d'injection est conforme à **l'annexe A** (normative) de la norme **NF EN1504-5.**

> Rappel : cette norme définit trois types (classes) de produits ou systèmes d'injection à base de liants hydrauliques (H) ou de polymères (P) :

- **les produits de classe F,** qui permettent le remplissage transmettant les efforts des fissures, vides et interstices ;
- **les produits de classe D,** qui permettent le remplissage ductile (élastique) des fissures, vides et interstices, c'est-à-dire souples et pouvant supporter un mouvement ultérieur ;
- **les produits de classe S,** qui permettent le remplissage expansif des fissures, c'est-à-dire capables de gonfler par adsorption d'eau.

Note : certains produits ou systèmes de classe S (expansif) nécessitent la présence d'eau et parfois de façon permanente.

- les produits de classe F "produit d'injection structural" sont prescrits pour satisfaire au principe 4 "renforcement structural" et à **la méthode 4.5** " injection" ;
- **les produits de classes F, D ou S** peuvent être utilisés pour satisfaire au **principe 1** "protection contre toute pénétration" et à **la méthode 1.5** "colmatage" à caractère non structural.

4.2.2.1.3 Caractéristiques des produits et systèmes d'injection

4.2.2.1.3.1 Pour les toutes les utilisations prévues (■) et pour certaines utilisations prévues par la norme (□) :

La norme NF EN1504-5 fixe dans ses tableaux 1a), 1b) et 1c), respectivement pour les produits ou systèmes des classes F, D et S les caractéristiques de performances (non chiffrées) applicables et dans ses tableaux 3a), 3b) et 3c) les caractéristiques de performance minimales (chiffrées) à respecter par les caractéristiques :

- de base (par exemple adhérence pour les produits de types F et D, étanchéité à l'eau pour les produits de type S, etc.) ;
- d'applicabilité (injectabilité en milieu sec, en milieu non sec, etc.) ;
- de réactivité (temps d'utilisation, développement de la résistance en traction, etc.) ;
- de durabilité (compatibilité avec le béton, etc.).

Certaines caractéristiques ne figurent pas dans la norme. Il en est ainsi de **la dureté shore (D)** des polymères ([P]). La valeur de dureté doit être demandée par **le marché** en vue de constituer une référence pour les éventuels contrôles de chantier ultérieurs.

[10] *Rappel : cette norme NF EN1504-5 a été révisée en 2012.*

4.2.2.1.3.2 Pour le marquage CE

Comme il a été dit dans l'article 4.2.1.1 ci-dessus, **les caractéristiques essentielles** « qualifiantes » pour **le marquage CE** ne recouvrent pas forcément la totalité des caractéristiques définies par la norme pour **les différentes utilisations prévues par la norme.** Par exemple, ne sont pas couvertes dans les tableaux ZA 1a), ZA 1b) et ZA 1c) :

- **pour les produits de classe F :** viscosité (produits P), temps d'écoulement (produits H), temps d'utilisation, développement de la résistance en traction (produits P), temps de prise (produits H), compatibilité avec le béton (produits H et P) ;
- **pour les produits de classe D :** viscosité (produits P), taux et évolution de l'expansion (produits P), temps d'utilisation (produits P) ;
- **pour les produits de classe S :** temps d'utilisation (produits P).

Certaines des informations susvisées pouvant servir lors des différents contrôles, il appartient au marché de les exiger, si besoin est.

Note : dans le cas d'une reconstitution de monolithisme, où l'adhérence a une importance particulière, il peut être demandé **au marché** une exigence d'adhérence qualifiée par l'essai de résistance au cisaillement oblique pour les produits de type F.

4.2.2.1.3.3 Système UW de classification des produits et systèmes

L'annexe A normative de la norme NF EN1504-5 définit un système de classification UW (U pour utilisation prévue et W pour applicabilité), qui doit être fourni par le fabricant du produit ou système d'injection. Il est conseillé d'utiliser ce système lors de la rédaction **du marché.**

Exemple tiré de l'annexe A de la norme :

> La classification « U (F1) W (1) (1/2) (5/30) (1) » désigne un produit d'injection :

- pour le remplissage des fissures transmettant les efforts avec une adhérence en traction > 2 MPa pour les produits H ou une rupture cohésive dans le support pour les produits P (F1) ;
- susceptible d'être injecté dans des fissures de 0,1 mm d'ouverture minimale (1) ;
- sèches ou humides (1/2) ;
- pouvant être utilisé de 5 à 30°C (5/30) ;
- utilisable pour les fissures soumises à des mouvements quotidiens supérieurs à 10% ou 0,03 mm pendant le durcissement (1).

4.2.2.1.3.4 Pour des applications particulières

Dans certains cas, les produits et systèmes d'injection doivent satisfaire, en sus, à des exigences de performance pour **des applications particulières** visées dans **l'annexe B informative** de la norme (concerne les produits des classes D et S).

Dans un tel cas, il appartient **au marché** de fixer les niveaux de performance requis, ce qui peut nécessiter de procéder à des essais complémentaires spécifiques, voire à des procédures d'exécution spécifiques.

4.2.2.1.3.5 Pour un projet particulier

En fonction **des particularités d'un projet donné,** des caractéristiques particulières supplémentaires, relatives aux conditions d'application, à la durabilité, doivent être définies par **le maître d'œuvre dans le marché.** Par exemple ces exigences peuvent porter sur :

- **le comportement du produit appliqué :**
  - au gel-dégel ;
  - à des conditions thermiques et hygrométriques extrêmes ;
  - à certains agents agressifs (produits chimiques, etc.) ;
  - à la présence d'eau de mer, d'eau séléniteuse (ces points concernent les produits H) ;
  - aux circulations d'eau avec ou sans pression ;
  - au passage de gaz ;
  - etc.
- **les conditions particulières de mise en œuvre sur le chantier :** (se reporter au paragraphe 4.2.2.2 ci-dessous).

Dans un tel cas, il appartient **au marché** de fixer les exigences à satisfaire, ce qui peut nécessiter la réalisation d'essais et de mesures complémentaires à la norme de référence.

4.2.2.2 Critères de choix liés aux spécificités de l'injection

> Le produit ou système d'injection doit être adapté aux spécificités du travail à exécuter. La norme NF P95-103 donne quelques-uns des différents facteurs à prendre en compte :

- l'organisation générale du chantier : cadence et avancement, conditions d'accessibilité, contraintes d'exploitation en phase travaux ;
- les conditions ambiantes : température ambiante et température du support, humidité relative ;
- la géométrie des fissures (tracé, ouverture, forme, profondeur…) ;
- l'activité ou non des fissures (fissures dites actives ou mortes) ;
- l'état du support ;
- la présence d'eau libre ou sous pression ;
- la tenue sous les sollicitations imposées à l'ouvrage ;
- les facteurs divers suivants :
  - l'accessibilité aux faces de la pièce affectées par la fissure,
  - les délais imposés pour la remise en service de l'ouvrage,
  - etc.

Le traitement d'une fissure ne faisant pas nécessairement appel à son injection, le tableau 3 ci-après donne des indications sur le choix **des méthodes de réparation** et **des différents produits et systèmes de traitement des fissures utilisables** en fonction de l'ouverture (w) des fissures à traiter exprimée en millimètres, de la présence ou non d'eau sans ou sous pression, etc. Il donne également, dans la colonne observations, **les principales précautions** à prendre pour réussir l'opération et la nécessité de s'assurer **de la compatibilité des produits** de traitement des fissures avec les traitements ultérieurs, tels que la mise en place d'un revêtement.

Il est à noter que :

- ce tableau est extrait de la norme **NF P95-103** (tableau mis au point à partir d'un des tableaux **du GUIDE FABEM 3** paru en 2007). Dans le présent guide, il a été complété par une colonne observations ;
- ce tableau vise **le domaine du génie civil.** Il s'applique aussi dans **le domaine du bâtiment** avec quelques restrictions. En effet, par exemple, certains **produits de protection généralisée** peuvent être mis en œuvre sur des murs et parois où les fissures peuvent atteindre et dépasser le millimètre sans avoir recours à un traitement préalable, tel qu'une injection. Se reporter au **GUIDE FABEM 4** relatif à la protection des bétons ;
- les microfissures (ouvertures $w < 0,1$ mm) ne sont pas injectables et les fissures très fines ($0,1$ mm $\leq w < 0,2$ mm) ne sont que très rarement injectables. Ces deux familles de fissures relèvent des autres techniques que sont **le calfeutrement et le pontage** (techniques décrites dans le **GUIDE FABEM 2**). **La protection généralisée** est également applicable lorsque la fissuration est anarchique et intéresse l'ensemble du support (technique décrite dans le **GUIDE FABEM 4**).
- certaines **des cellules du tableau sont coloriées** pour mettre en relief les cas où **la technique de traitement adaptée est l'injection des fissures.**

Le choix des produits est lié à la typologie des défauts à remplir (qu'il s'agisse de fractures, de fissures, ou de réseaux capillaires) mais reste aussi étroitement lié à la méthode de mise en œuvre choisie. C'est-à-dire que le choix des produits est fonction de la taille des interstices à remplir et de la dimension et de la forme des composants du produit injectable alors que le caractère rhéologique des produits est plutôt fixé par la méthode de mise en œuvre.

Les produits d'injection durant la phase rhéologique liquide peuvent se présenter sous forme de liquides mélangés, de solutions aqueuses, de colloïdes, de suspensions, de compositions mixtes.

Dans le cas de fissures en présence d'eau sans ou sous pression, les produits d'injection après prise sont, soit flexibles, soit rigides. C'est-à-dire qu'ils peuvent en phase finale être figés, soit sous la forme de gels ou de mousses, soit sous la forme de solides.

> Les produits d'injection en présence d'eau sans ou sous pression peuvent être classés en deux grandes catégories :

- les produits hydrophiles ;
- les produits hydrophobes.

La pérennité du remplissage et donc de l'étanchéité est liée au choix du produit d'injection en tenant compte, qu'après traitement, les conditions d'environnement du produit auront changé. Par exemple, le produit injecté dans un milieu humide peut se retrouver, après traitement, dans un milieu sec.

Certains produits hydrophiles, tels que certains gels, peuvent, en absence d'humidité subir une perte importante de volume, malheureusement non réversibles. D'autres produits dits hydro-gonflants ont les mêmes inconvénients.

Il est rappelé que le choix définitif du produit est obligatoirement lié à la réussite **d'une épreuve de convenance** dont la consistance est développée ci-après dans le présent document et qui doit être adaptée **par le marché** aux travaux à exécuter.

Ouvertures des fissures en mm	État du support	Activité	Techniques de traitement	Produits utilisables	Fonctions recherchées	Observations
w < 0,1 (*)	sec	NR	Imprégnations hydrophobes et/ou revêtements	Silanes, PCC, P	protection contre les pénétrations d'eau (et de gaz pour les revêtements) esthétique pour les revêtements	généralement le choix s'oriente vers des produits microporeux
	humide ou humide et ruisselant	NR	Revêtement nécessite dans certains cas un assèchement lors de la mise en œuvre	PCC, P	isolation, protection vis-à-vis de l'humidité interne du béton	pour utilisation de PUR l'assèchement doit être strictement contrôlé ; sinon, il y a à redouter des défauts d'adhérence et d'étanchéité
0,1 ≤ w ≤ 0,3 (*)	sec	mortes	Imprégnations hydrophobes et/ou revêtements	Silanes, PCC, P	protection contre les pénétrations d'eau (et de gaz pour les revêtements) esthétique pour les revêtements	produits à consistance pâteuse
			injection	P de classe F très fluide et temps d'utilisation réel adapté	combler un vide	résine très fluide et DPU lente. Ces résines étant très diluées, elles présentent une faible résistance
		avec souffle	revêtements souples et pontages	PCC, P	protection localisée ou généralisée	produit souple à consistance pâteuse avec une épaisseur en adéquation avec le souffle ; produit souple armé avec une rupture d'adhérence sur les bords de la fissure
	humide ruisselant	mortes	injection de blocage + revêtement	Injection : P de classe S ou F gel de silice, hydrogel acrylique / gel mixte	arrêt de venue d'eau + protection de surface	produit réactif de blocage à condition que l'adhérence soit supérieure à la sous-pression et le revêtement doit être compatible avec le produit d'injection
		avec souffle	injection de blocage + revêtement	Injection : P de classe S	arrêt de venue d'eau + protection de surface et résistance aux déformations	la capacité à la déformation doit être compatible avec le souffle ; le revêtement doit être compatible avec le produit d'injection
0,3 < w < 3 (**)	sec	mortes	injection	P de classe D ou F, ciments surbroyés	Protection contre les pénétrations et continuité mécanique (produits rigides)	avant d'injecter avec des coulis de ciment la fissure doit être injectée à l'eau pour éviter son colmatage immédiat
		avec souffle	calfeutrement en engravure	mastic P souple	Protection contre les pénétrations	si les fissures sont sinueuses, la réalisation d'une engravure (saignée) est difficile
			pontage de surface	Membranes d'étanchéité P, PCC avec ou sans armature suivant ouverture et souffle	Protection contre les pénétrations	en fonction du souffle, une rupture d'adhérence sur les bords de la fissure peut être nécessaire
			injection	P de classe D	Protection contre les pénétrations	
	humide ruisselant	mortes	injection	P de classe S, D ou F	arrêt de venue d'eau et continuité mécanique (produits rigides)	les gels mixtes ciment ou synthétique assurent la pérennité après assèchement
		avec souffle	injection de blocage + revêtement ou pontage	Injection : P de classe S	arrêt de venue d'eau + protection de surface et résistance aux déformations	la capacité à la déformation doit être compatible avec le souffle et le revêtement doit être compatible avec le produit d'injection
3 ≤ w ≤ 10 (**)	sec	mortes	injection	P de classe D ou F, ciments surbroyés	Protection contre les pénétrations et continuité mécanique (produits rigides)	avant d'injecter avec des coulis de ciment, la fissure doit être injectée à l'eau pour éviter son colmatage immédiat
		avec souffle	calfeutrement en engravure	mastic P souple	Protection contre les pénétrations	si les fissures sont sinueuses, la réalisation d'une engravure (saignée) est difficile
			pontage de surface	Membranes d'étanchéité P, PCC avec armature, membranes collées	Protection contre les pénétrations	les dimensions de la rupture d'adhérence sont à adapter au souffle
	humide ruisselant	mortes	injection	P de classe S, D ou F, coulis CC ou PCC	arrêt de venue d'eau et continuité mécanique (produits rigides)	les gels mixtes ciment ou synthétique assurent la pérennité après assèchement
		avec souffle	injection de blocage + revêtement ou pontage	Injection : P de classe S	arrêt de venue d'eau + protection de surface et résistance aux déformations	la capacité à la déformation doit être compatible avec le souffle ou rupture d'adhérence et le revêtement doit être compatible avec le produit d'injection
w > 10 (**)	sec	mortes	Injection ou colmatage (***)	Coulis, mastics ou mortiers CC, PC ou PCC	Protection contre les pénétrations et continuité mécanique (injection)	avant d'injecter avec des coulis de ciment, la fissure doit être injectée à l'eau
		avec souffle	Transformation en joint par pontage, calfeutrement ou pose d'un joint (****)	NR	NR	nécessité d'une étude de la structure pour le choix du joint
	humide ruisselant	mortes	Injection « de blocage » et colmatage (***) si nécessaire	Injection : P de classe S ou F, Coulis ou mortiers CC, PC ou PCC	arrêt de venue d'eau et continuité mécanique (produits rigides)	les gels mixtes ciment ou synthétique assurent la pérennité après assèchement
		avec souffle	injection "de blocage" + revêtement ou pontage	Injection : P de classe S	arrêt de venue d'eau + protection de surface et résistance aux déformations	la capacité à la déformation doit être compatible avec le souffle

Tableau n° 3 : extrait de l'annexe B de la norme NF P95-103 (tableau mis au point à partir du tableau 2 du GUIDE FABEM 3 de 2007)

***Note : l'injection dite de blocage** a pour but d'empêcher les venues d'eau. Cette technique est explicitée dans la suite du présent guide.*
*(*) Lorsqu'il est nécessaire de traiter la fissuration « classique » du béton armé en raison de l'agressivité de l'environnement, de venues d'eau ou pour des raisons esthétiques… (**) Lorsque l'origine des fissures est un problème structurel, celui-ci doit être traité par des techniques de réparation appropriées. (***) Le colmatage peut être envisagé si le remplissage complet de la fissure ne s'impose pas. (****) La transformation en joint d'une fissure sort du domaine d'application du présent guide et de la norme **NF P95-103** (se reporter au **GUIDE FABEM 2**).*

4.2.2.3 Critères de choix liés aux familles de produits et systèmes d'injection

4.2.2.3.1 Les différentes familles de produits et systèmes

> Les différentes familles de produits et systèmes d'injection utilisables sont décrites avec leurs avantages et inconvénients dans un tableau de l'annexe C de la norme NF P95-103, tableau reproduit dans le présent guide (voir le Tableau n° 5 ci-après). Il s'agit :

Photo n° 8 : deux produits d'injection à base de résines époxydes en pots avec base et durcisseur (crédit photo Freyssinet)

- **de produits ou systèmes liquides**[11] **:**
  - les résines époxydes (EP),
  - les résines polyuréthannes (PUR),
  - les résines de méthacrylate de méthyle (PMMA),
  - les résines polyacrylamides (PAAm), qui sont utilisables pour stopper des venues d'eau avant l'injection ;
  - etc.
- de produits ou systèmes en phase aqueuse et suspension :
  - les coulis de ciment à base de ciment surbroyés (les coulis ainsi obtenus peuvent s'injecter dans des fissures fines),
  - les coulis à base de silicates,
  - les coulis à base de polyuréthannes gonflants pour stopper les venues d'eau,
  - etc.

Note : se reporter à la partie injection des maçonneries **du GUIDE FABEM 6** relatif à la réparation et au renforcement des maçonneries qui donne des règles de composition des coulis, en particulier ceux à base de liants hydrauliques.

> Il est possible de choisir, soit des produits prêts à l'emploi normalisés certifiés ou non, soit des produits fabriqués sur le chantier, alors non normalisés :

- l'utilisation des premiers simplifie, voire supprime **l'épreuve d'étude, les contrôles de réception, etc.** Elle permet de bénéficier de l'assistance des fabricants, etc. ;
- l'utilisation des seconds, qui peuvent être plus économiques, permet de trouver la formulation adaptée, en particulier si les conditions climatiques s'éloignent des conditions normales, si le matériau à injecter n'est pas classique, si la structure est ancienne, etc. Cette solution concerne surtout les coulis d'injection à base de liants hydrauliques.

Il est rappelé que **le guide technique LCPC-SETRA de 1996,** relatif au choix et à l'application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton, donne également sous une forme très détaillée les différentes familles de produits utilisables en réparation, en particulier pour les injections.

[11] *Les résines polyesters, qui ont l'inconvénient de se saponifier au contact du béton basique, ne sont plus utilisées.*

Des abréviations ou sigles remplacent le plus souvent les noms complets des produits. Ces abréviations sont, d'une part, celles du **guide technique LCPC-SETRA de 1996**[12] relatif au choix et à l'application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton et, d'autre part, celles des normes de la série **NF EN1504-**.**

> Les correspondances entre les abréviations du guide LCPC-SETRA et celles des normes européennes sont les suivantes :

EP :	résines époxydes ;
Gel de silice :	tous les dérivés de l'acide silicique et des silicates ;
Gel mixte :	gel obtenu par combinaison de plusieurs produits de réactions indépendantes ;
Hydrogel :	gel en solution aqueuse ;
LHM :	liant hydraulique modifié par un polymère ;
EP-C :	système époxy-ciment ;
PAAm :	polyacrylamide (voir la note après le tableau) ;
PMMA :	résines de polyméthacrylate de méthyle ;
PUR :	résines polyuréthannes.

Le tableau ci-après donne la correspondance entre les dénominations françaises usuelles et européennes relatives aux **principaux produits d'injection** à base de polymères.

Dénominations françaises usuelles	Dénominations européennes	Dénominations anglaises	Commentaires
EP : résine époxyde	P : liant polymère réactif	Reactive Polymer	Produits d'injection de classe F (rigide)
PUR : résine polyuréthane			Suivant leurs formulations, ces produits utilisés en injection peuvent être de classe F (rigide) ou de classe D (ductile)
PMMA : polyméthacrylate de méthyle			Produits d'injection de classe F (rigide)
PAAm : polyacrylamide			Produits d'injection de classe S (expansif) dits "gels"

Tableau n° 4 : (transposition du tableau 3 de la norme NF P95-103)

4.2.2.3.2 Les principaux types de produits et systèmes utilisables

Le tableau ci-après donne les principaux types de produits utilisables, leur classe ainsi que **leurs avantages et inconvénients.** Ce tableau a été élaboré à partir du tableau C 2 de la norme **NF P95-103** et du tableau n°3 du **GUIDE du STRRES FABEM 3 paru en 2007.**

Les informations fournies dans ce tableau permettent de faire **un premier choix** parmi les produits ou systèmes qui existent afin de choisir ceux qui paraissent les mieux adaptés **au traitement des fissures par injection** dans le cas de la réparation d'une structure en béton fissurée pour laquelle la technique de l'injection a été retenue. **Le choix définitif** impose la recherche d'informations complémentaires (fiches techniques, fiches de données de sécurité…).

Note : pour des applications particulières, comme **le traitement des arrêts d'eau dans les ouvrages souterrains,** d'autres produits peuvent être utilisés et d'autres qualités peuvent être exigées. Se reporter aux recommandations actuelles **GT9R1F2** et futures **GT9R1F3** de **l'AFTES**.

[12] *Les définitions des termes techniques figurent dans un glossaire entre les pages 56 et 67 de ce guide.*

Type de produits	Sigles français / européens	Constituants	Classe de produit d'injection (F, D ou S)	Forme	Avantages	Inconvénients
Coulis de ciment	LH / CC	Liant + avec ou sans granulats et/ou fibres + ajouts (adjuvants) + eau	F	Prêt à l'emploi (ajout d'eau) ou fabriqués sur le chantier	• Faible coût • Possibilité de mise en œuvre par des moyens simples	• Retrait • Ségrégation – ressuage à compenser (produit hétérogène) • Utilisation délicate dans les fissures fines • Tendance à l'essorage au contact du béton • Obligation d'humidifier préalablement la fissure
Coulis mixtes (à base de liants hydrauliques modifiés par des polymères, avec ajouts possibles)	LHM / PCC	Liant + avec ou sans granulats et/ou fibres + ajouts (adjuvants) + eau + polymères : • vinylique • acrylique • styrène butadiène	F	Monocomposant : • polymère + liant + etc. • ajout d'eau sur chantier Bicomposants : • polymère + eau • liant + etc.	• Performances accrues par réduction de la quantité d'eau de gâchage • Produits prêts à l'emploi	
Silicates		Produits minéraux en solution aqueuse + ions calcium du béton = cristaux insolubles ou produits minéraux en solution aqueuse + durcisseurs organiques = cristaux insolubles	F	Monocomposant ou bicomposants	Utilisables pour le traitement de fissures très fines	
Résines époxydiques	EP / P	Résines thermodurcissables	F	Bicomposants : • base • durcisseur Les charges (granulats et/ou fibres) sont incorporées aux composants	• Faible retrait • Excellente adhérence • Choix possible de la viscosité en fonction de la température • Injection des fissures >ou= 0,2 mm • Propriétés mécaniques élevées notamment à court terme • Choix possible de la durée de polymérisation et de la vitesse de durcissement en fonction de la température • Bon comportement aux agents agressifs	Emploi délicat
Résines polyuréthanes	PUR / P	Résines thermodurcissables	F, D	Bicomposants : • base • durcisseur	• Blocage provisoire de venue d'eau par formation de mousse expansive • En milieu sec possibilité d'injecter des fissures actives avec des polyuréthanes "souples" • Fissures > 0,2 mm • Faible viscosité	• Léger retrait • Sensibilité à l'eau • Emploi délicat
Résines de méthacrylate de méthyle	PMMA / P	Résines thermodurcissables	F	Bicomposants : • base • durcisseur	résines très réactives et utilisables par très basses températures (de l'ordre de -20°C)	Retrait

Type de produits	Sigles français / européens	Constituants	Classe de produit d'injection (F, D ou S)	Forme	Avantages	Inconvénients
Résines polyacrylamides (gels thermoplastiques)	PMMA / P	Résines thermodurcissables	S	Tricomposants : • base (acrylamide en solution aqueuse) • accélérateur de polymérisation) • amorceur de polymérisation	Gonflent en présence d'eau	Sous forme de gel. • Nécessité pour éviter le retrait d'une présence d'eau permanente • Adhérence faible • Propriétés mécaniques faibles • Se rétractent en l'absence d'humidité • Matériel d'injection spécifique
Gels acryliques (gels thermoplastiques)	ACRYL / P	Résines thermodurcissables	S	Bicomposants : • base • durcisseur	Très faible viscosité, temps de prise ajustable, très réactifs, capacité d'absorber l'eau	Vieillissement du produit en cas de cycles répétés d'humidification - séchage

Tableau n° 5 : les principaux produits et systèmes d'injection avec leurs avantages et inconvénients

Note : certains produits et systèmes pouvant être nocifs pour l'environnement, les personnes…, sur un chantier donné, il convient de s'assurer que leur emploi est possible.

4.2.2.4 Critères de choix liés aux marques de certification

Il existe en France la **Marque NF : produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique.** Cependant, à ce jour, **aucun produit ou système d'injection ne bénéficie du droit d'usage de cette marque.** Il existe cependant des produits d'injection conformes aux spécifications de la norme **NF EN1504-5.**

4.2.2.5 Critères de choix liés à la santé, la sécurité, la protection de l'environnement…

> Les critères de choix doivent prendre en compte les dangers et les inconvénients pour la santé, la sécurité, l'agriculture, la nature et l'environnement à cause de la nocivité et de la toxicité de certains composants :

- il faut choisir les produits en tenant compte des risques qu'ils présentent, indiqués sur **leur étiquetage et leur fiche de données de sécurité (FDS) ;**
- il faut mettre en œuvre les procédés d'application générant le moins de nuisances ;
- pour la protection du personnel, **l'entrepreneur** doit s'assurer du respect de la législation du travail en matière d'hygiène et de sécurité et fournir **les équipements de protection individuelle (ÉPI)** nécessaires ;
- pour la protection des personnes et de l'environnement, l'entrepreneur doit tenir compte, dans le choix des produits d'injection, des exigences réglementaires lors de l'utilisation des produits et lors du traitement des déchets.

Remarque : les normes de produits ne donnent, en général, aucune indication sur les précautions à prendre en matière d'hygiène et de sécurité. Il faut se reporter aux fiches de données de sécurité (FDS) des produits qui fixent les règles à suivre et les équipements de protection individuelle (ÉPI) à utiliser. La réglementation impose la présence de ces fiches sur le chantier.

4.2.2.6 Choix définitif des produits ou systèmes d'injection

Il est rappelé qu'il faut obligatoirement consulter la norme **NF EN1504-5** ainsi que les normes de référence **NF EN1504-9** et **NF EN1504-10** avant de fixer les performances auxquelles doit satisfaire le produit ou système de produits à mettre en œuvre pour une injection, en tenant compte des caractéristiques de la fissure, vide ou interstice à remplir (ouverture, activité des fissures et souffle, etc.) des particularités du projet et du chantier ainsi que des résultats des études et investigations préalables).

Il est également rappelé que le marché peut imposer, pour **une caractéristique donnée** d'un produit ou système, soit **une des valeurs fixées par la norme,** soit, si besoin est, **une valeur plus élevées.**

Les niveaux de performance des produits et systèmes d'injection destinés **aux ouvrages de génie civil** figurent dans la norme **NF P95-103** laquelle impose **le système de certification 2+.**

Le choix définitif du produit ou du système se fait à l'issue d'une **ÉPREUVE DE CONVENANCE** réalisée dans les conditions du chantier avec le matériel et le personnel prévus dans la procédure d'injection. Par exemple, au cours de cette épreuve, seront vérifiés le "temps d'utilisation réel", l'aptitude au remplissage des vides, le durcissement des produits (dureté Shore)…

Dans le cas des produits d'injection fabriqués sur le chantier, **le marché** peut imposer une **ÉPREUVE D'ÉTUDE** pour s'assurer que la composition du produit permet d'obtenir les performances requises.

Rappel

Dans la norme **NF EN1504-5, la dureté shore** (D) relevant de la norme **NF EN ISO868** n'est pas identifiée en tant que caractéristique de performance. Si elle ne figure pas dans la fiche technique du produit, cette valeur de dureté doit être demandée **au fabricant** en vue de constituer une référence pour les éventuels contrôles de chantier ultérieurs.

4.2.3 ÉPREUVE D'ÉTUDE DES PRODUITS D'INJECTION

Les produits d'injection conformes à la norme **NF EN1504-5,** éventuellement admis à une marque de certification, ne font normalement pas l'objet **d'une épreuve d'étude.**

> Cette épreuve est requise conformément à la norme NF P95-103 si :

- les produits ne sont pas normalisés ou sont fabriqués sur le chantier ;
- sont nécessaires des **"caractéristiques particulières pour certaines utilisations prévues" ;**
- **les conditions de mise en œuvre du produit ou système,** en particulier la géométrie et l'orientation du support, les sollicitations imposées aux fissures, les conditions climatiques et hygrométriques, ne correspondent pas à celles fixées par la norme (cas des applications particulières ou du projet particulier) ;
- ces produits, une fois mis en œuvre, seront soumis à des sollicitations mécaniques spécifiques ou en contact avec un milieu agressif particulier ;

- **le marché impose :**
  - **certaines caractéristiques,** qui ne sont pas renseignées (non visées par l'annexe ZA) ou sont hors norme,
  - **des niveaux de performance** de certaines caractéristiques **plus élevés** que ceux de la norme…

Les résultats d'une épreuve d'étude récente (quelques mois) effectuée au titre d'un chantier réalisé dans des conditions similaires et des exigences comparables peuvent servir de référence si le contrat l'autorise.

Dans le cas où **une épreuve d'étude** doit avoir lieu, elle est obligatoirement fixée par **le marché.** Sa consistance s'inspire des essais visés par les normes en vigueur et des conditions de mise en œuvre des produits.

Cette **épreuve d'étude** est généralement associée à un **POINT D'ARRÊT** de l'exécution dont la levée autorise la réalisation **des épreuves de convenance** prévues par **le marché.**

4.2.4 CRITÈRES DE CHOIX DES PRODUITS DE CACHETAGE

> La définition des produits de cachetage figure dans l'article1 ci-dessus. Le cachetage des fissures fait appel aux produits pâteux suivants à base de :

- résines époxydes ;
- résines polyesters ;
- mastics polyuréthannes ;
- mastics de silicones ;
- mortier,
- etc.

Photo n° 9 : fissure en cours de cachetage (crédit photo Freyssinet)

Lorsque les fissures à injecter sont actives, pendant la durée de mise en place des injecteurs, qui dépasse souvent plusieurs jours, il est parfois impossible de stabiliser leur ouverture par les procédés décrits ci-après dans la partie **« modes opératoires ». C'est le cas, par exemple,** lorsqu'il y a obligation de maintenir l'ouvrage en service. Le produit de cachetage doit donc être suffisamment souple pour absorber les mouvements des lèvres des fissures. L'expérience montre qu'il suffit de disposer un cordon épais pour éviter tout décollement ou fissuration du cordon.

À la fin de l'injection, après durcissement du produit d'injection, **les cordons de cachetage doivent être enlevés.** Il est donc nécessaire de choisir un produit qui garantit une parfaite étanchéité tout en restant facile à enlever. **Le marché** prévoit, si nécessaire, **un essai de convenance d'enlèvement des produits de cachetage.**

4.3.1 CONDITIONNEMENT DES PRODUITS PRÊTS À L'EMPLOI

Les produits doivent être livrés en récipients d'origine, parfaitement hermétiques, prédosés. Si les produits sont en pots, ils doivent disposer de tambours à ouverture totale.

Pour les produits à plusieurs composants (deux ou trois) devant être mélangés dans leur totalité avant leur emploi, les boîtes des composants doivent être réunies sous un emballage unique et avoir des capacités telles que mélange puisse être effectué sans avoir à verser leur contenu dans un récipient additionnel.

> Les indications rédigées au moins en langue française que doit comporter l'étiquette apposée sur chaque récipient figurent dans la norme NF EN1504-5. Il s'agit des informations suivantes :

- le numéro d'identification de l'organisme de certification (système de certification 2+ exigé) ;
- le nom ou la marque et l'adresse du fabricant ;
- les 2 derniers chiffres de l'année d'apposition du marquage ;
- le certificat de contrôle de la production en usine (CPU nécessaire pour le système de certification 2+) ;
- une référence à la norme européenne (ici la **NF EN1504-5**) ;
- la description du produit : nom générique, matériau, dimensions, (classification UW), etc. et utilisation prévue ;
- les informations relatives aux caractéristiques essentielles (valeurs déclarées, niveau ou classe de performance, voire la mention : performance non déclarée (NPD).

> Il est également indispensable que les informations suivantes soient disponibles :

- la date de fabrication et le numéro du lot (sur chaque composant pour les produits à plusieurs composants et sur le suremballage) ;
- la date limite d'emploi ou la durée limite d'emploi ;
- la référence à la notice d'emploi ;
- les précautions de stockage ;
- le cas échéant, le sigle de **la Marque NF** de conformité aux normes apposé dans les conditions prévues au règlement particulier de cette marque[13] ;

Photo n° 10 : étiquetage d'un pot de résine et d'un pot de durcisseur (crédit photo Sétra)

[13] *Pour les marchés publics, il faut aussi faire référence aussi aux marques de conformité équivalentes.*

- pour les produits à plusieurs composants, l'indication de l'obligation de les mélanger dans leur totalité, sauf indication contraire du producteur ;
- la masse ou le volume net du produit monocomposant ou, pour les produits à plusieurs composants, la masse ou le volume net total ;
- pour les produits à base de liants hydrauliques, la quantité d'eau de gâchage prévue selon le ou les usages du produit correspondant à l'unité de conditionnement et, pour les produits à base de résines synthétiques, la durée pratique d'utilisation (DPU[14] pour différentes température et pour le volume de produit après mélange [conditionnement livré]) ;
- les pictogrammes réglementaires de danger « irritant, nocif, corrosif, inflammable… » associés à des phrases types indiquant les risques particuliers [R] et les conseils de prudence [S].

4.3.2 CONDITIONNEMENT DES PRODUITS FABRIQUÉS SUR LE CHANTIER

Les différents composants qui servent à la fabrication foraine des produits doivent être livrés dans des récipients ou containers adaptés aux quantités à mettre en œuvre, parfaitement nettoyés pour éviter toute pollution et suffisamment solides pour éviter tout mélange accidentel. Chaque composant doit être facilement identifiable (étiquette, marquage indélébile, etc.) de façon à éviter toute confusion.

L'entrepreneur propose **le conditionnement** à l'acceptation **du maître d'œuvre.**

14 Ne pas confondre avec le temps d'utilisation réel sur chantier.

4.4 Transport et stockage des produits

Les produits doivent être livrés sur le chantier suffisamment à l'avance pour permettre d'effectuer les essais et contrôles prévus par **le marché (plan de contrôle global) et la procédure d'injection.**

Les produits doivent être transportés puis stockés en respectant les prescriptions fixées par **la fiche technique du produit, la fiche de données de sécurité et l'étiquette de sécurité,** en particulier vis-à-vis du point éclair et de ses incompatibilités chimiques. **Le marché** complète, en tant que de besoin, ces prescriptions.

Certains produits, s'ils sont transportés en ne respectant pas les conditions prescrites vis-à-vis de la température (par exemple, en cas de gel), peuvent ne pas être récupérables, alors que d'autres produits peuvent retrouver leurs caractéristiques initiales. **L'entrepreneur impose au transporteur** de respecter les consignes et d'équiper le véhicule des moyens de mesure permettant de démontrer que les consignes ont été respectées.

En principe, les produits sont stockés à l'abri du soleil et du froid, en respectant les températures exigées (en général, entre 10 et 25°C). Le local de stockage doit être fermé mais aéré. De plus, une signalétique appropriée (par exemple, matières inflammables) doit être apposée sur le local.

En cas de transvasement de produit dans un autre récipient, ce dernier doit être muni d'une étiquette réglementaire identique à celle du contenant initial.

4.5.1 GÉNÉRALITÉS

> La suite du texte explicite les matériels à utiliser pour l'injection des fissures :

- les malaxeurs ;
- les pompes ou les réservoirs d'injection ;
- les liaisons entre les pompes et les injecteurs ;
- les injecteurs ou évents.

Les différents matériels à utiliser sont décrits dans la norme **NF P95-103** mais sans aucun schéma ni photographie.

Dans le cadre de **la procédure d'injection, l'entrepreneur** propose à l'acceptation **du maître d'œuvre** le matériel qu'il compte utiliser dans le respect des dispositions **du marché.**

L'état et le bon fonctionnement du matériel doivent être contrôlés par **l'entrepreneur** qui s'assure également de la présence **des fiches techniques et des carnets d'entretien,** voire **des procès-verbaux de tarage** (manomètres, dispositifs de pesage…).

4.5.2 MALAXEURS

Les produits d'injection sont en général à base de plusieurs composants (par exemple, une base et un durcisseur pour les résines époxydes, un mélange de liants hydrauliques et d'additions auquel il faut ajouter de l'eau ou un composant liquide, etc.). Il faut donc utiliser **un malaxeur** pour fabriquer le mélange qui sera ensuite introduit dans le matériel d'injection proprement dit.

> Cas des produits d'injection à base de résines synthétiques thermodurcissables

Le mélange se fait avec l'aide d'un agitateur électrique ou pneumatique. La vitesse de rotation (quelques centaines de tours par minute) et la forme de l'hélice doivent être adaptées pour permettre un mélange homogène en consistance et en couleur des composants, qui sont plus ou moins visqueux, et pour éviter l'inclusion d'air dans le mélange. **L'essai de convenance de préparation des produits** permet de choisir la meilleure forme d'hélice, la vitesse de rotation et la durée de l'opération[15].

Photo n° 11 : début du mélange résine et durcisseur (crédit photo Freyssinet)

Photo n° 12 : fin du malaxage de la résine et du durcisseur (crédit photo Freyssinet)

15 *Les notices techniques des fabricants donnent en général des indications sur la préparation des produits (type d'hélice ou de fouet de malaxage, vitesse de rotation, etc.).*

> Cas des produits d'injection à base de liants hydrauliques

Photo n° 13 : malaxage d'un coulis pour injection à base de liants hydrauliques (crédit photo Parexlanko)

Le mélange se fait, soit avec des malaxeurs à cuves tournantes et pales fixes, soit avec des agitateurs. Normalement la vitesse de rotation est limitée à quelques centaines de tours par minute pour éviter l'inclusion d'air dans le mélange sauf pour les coulis de ciment non adjuvantés où elle doit dépasser 1 500 tours/minute, ce qui nécessite un malaxeur à haute-turbulence ou à hélice. Certains malaxeurs fonctionnent sous vide pour éviter toute inclusion d'air.
Pour le mélange de coulis à base de ciment, les pales sont de grandes dimensions. Au contraire, pour la préparation d'un coulis de bentonite, il faut une turbine dite de « défloculation » équipée de petites pales.

L'épreuve de convenance de préparation des produits permet de choisir la meilleure forme d'hélice, la vitesse de rotation et la durée de l'opération.
Suivant la nature du produit d'injection et les caractéristiques des fissures, il est possible d'utiliser plusieurs types de matériels.

Remarque : il existe des pompes pour produits bicomposants qui permettent à la fois de mélanger les composants et d'injecter le mélange (se reporter à l'article 4.5.3 ci-après).

4.5.3 POMPES ET RÉSERVOIRS D'INJECTION

Suivant la nature du produit d'injection et les caractéristiques de la fissure, il est possible d'utiliser plusieurs types de matériel.

Les matériels utilisés sont les suivants :

- les pompes pour produits monocomposant ;
- les pompes pour produits bicomposants ;
- les pots à pression ;
- les seringues et les pistolets ;
- les réservoirs à simple pression gravitaire.

L'épreuve de convenance d'injection permet de vérifier que le matériel d'injection réalise efficacement l'injection des fissures à traiter.

Les pompes, qu'elles soient pour des produits monocomposant ou bicomposants, sont essentiellement utilisées pour injecter de forts volumes de produits sous de gros débits ou lorsque **la procédure d'injection** exige une pression de **« claquage »** lors des reprises d'injection.

Note : le terme « claquage » est utilisé lorsqu'on se sert de la pression d'injection du produit au cours d'une injection complémentaire pour provoquer la fissuration du produit injecté précédemment dans la fissure.

Les pots à pression, les seringues, pistolets et réservoirs gravitaires, malgré leur aspect rustique et leur faible technicité, sont les meilleurs outils pour injecter les fissures sèches dont l'ouverture ne dépasse pas 1 à 2 millimètres.

Cas des pompes pour produits monocomposant

Ces pompes sont utilisées pour les injections des produits à base de liants hydrauliques ou pour des produits à plusieurs composants pré-mélangés avant leur introduction dans la pompe.

Ces pompes peuvent être à basse-pression (pompes à air comprimé et à membrane). Elles sont utilisées, très couramment, pour l'injection des résines et des produits visqueux, tels que des coulis ou des mortiers, mais dans de larges fissures.

Ces pompes peuvent être à haute-pression (pompes à pistons, à engrenages ou à membranes). Ce type de pompe est utilisé pour l'injection de fissures fines (≤ 0.3 mm) et lorsque cela est nécessaire (par exemple, présence d'eau sous pression) et si **l'épreuve de convenance d'injection** en montre l'efficacité.

> Les pompes à haute pression doivent répondre aux exigences suivantes :

- un contrôle précis et étendu du débit et de la pression ;
- une bonne résistance à l'abrasion et un remplacement facile des dispositifs d'étanchéité.

Ces pompes sont d'un emploi délicat. En effet, les débits de telles pompes peuvent atteindre plusieurs mètres cubes par heure et la pression d'injection peut monter jusqu'à plusieurs MPa. L'expérience montre qu'une pression d'injection supérieure à 1,5 MPa (15 bars) appliquée sur une grande surface **risque de faire éclater le béton.**

> Un limiteur de pression peut être une solution, mais les deux exemples qui suivent montrent que ce n'est pas la panacée :

- une injection à très faible pression mais avec des passes de grande hauteur développe une pression gravitaire élevée dont les effets, comme ceux du **« crève tonneau de Pascal »,** peuvent provoquer des désordres importants à la structure ;
- une injection d'une fissure soumise à des venues d'eau peut comporter, lors d'une première phase, l'injection d'un gel gonflant pour bloquer l'arrivée d'eau. Lors d'une seconde phase, pour rendre la réparation pérenne, il faut injecter un coulis de ciment. Pour exécuter cette deuxième injection, il est nécessaire de monter à des pressions dépassant les 10 MPa (100 bars) pour « claquer » le gel et permettre le passage du coulis. La lecture des paramètres d'injection montre que le claquage a eu lieu si la pression chute et le débit augmente. **Attention, après le claquage, il faut continuer à surveiller la pression d'injection car le coulis remplit des vides plus ou moins grands et la pression peut alors s'appliquer à de grandes surfaces et exercer de très gros efforts, si elle est élevée.**

Le choix de la pompe doit tenir compte **de sa facilité de nettoyage** en fonction de la nature du produit d'injection. **Attention, les résines thermodurcissables peuvent polymériser très rapidement et rendre le matériel inutilisable.**

Cas des pompes pour produits bicomposants

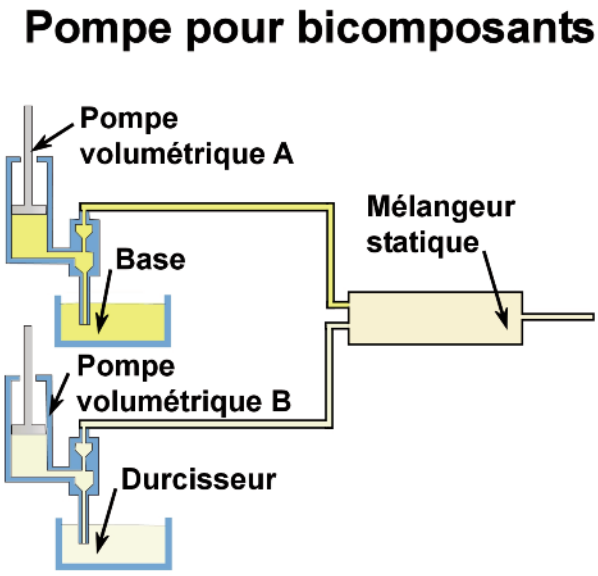


Figure n° 4 : principe de fonctionnement d'une pompe pour produits bicomposants

Ces pompes, toujours à haute-pression (entre 5 et 25 MPa, soit de 50 à 250 bars), permettent à la fois de réaliser le mélange et d'injecter les fissures. Elles comportent deux pompes distinctes (une pour chaque composant, c'est-à-dire la base et le durcisseur). Le mélange s'effectue près du point d'injection dans un « pistolet mélangeur».

Ces pompes permettent d'injecter de fortes quantités de produit mais leur réglage est délicat. Elles ne sont pas utilisées pour l'injection des petites fissures car il faut un débit important pour que le mélange puisse correctement s'effectuer. Elles sont utilisées en cas de fortes venues d'eau.

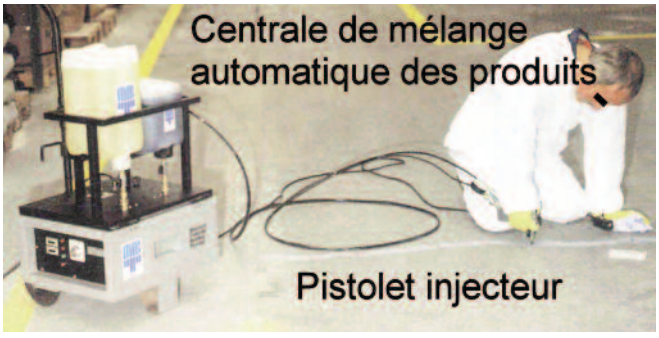


Photo n° 14 : utilisation d'un pistolet injecteur (d'après un document du procédé Concresive MBT) (crédit photo MBT)

Cas des pots à pression

Ce matériel d'injection fait appel à un récipient fermant hermétiquement et qui peut être mis en pression. Après mélange des composants, le récipient dans lequel se trouve le produit à injecter (c'est un emballage perdu) est introduit dans le pot à pression. La pression d'air chasse le produit dans les flexibles qui relient le pot à pression aux injecteurs. La capacité du pot à pression doit être adaptée à la durée d'utilisation du produit. Le pot à pression doit être muni d'un manomètre dont la fiche d'étalonnage date de moins de trois mois.

Il s'agit d'appareils à pression de gaz qui doivent être contrôlés périodiquement par un organisme agréé.

> Il existe plusieurs modèles de pots à pression :

- pot à pression à sortie haute ;
- pot à pression à sortie basse ;
- pot à pression à réservoir indépendant ;
- pot à pression à enveloppe compressible.

La mise en pression du pot peut être effectuée avec une bouteille d'air comprimé ou avec une pompe à main.

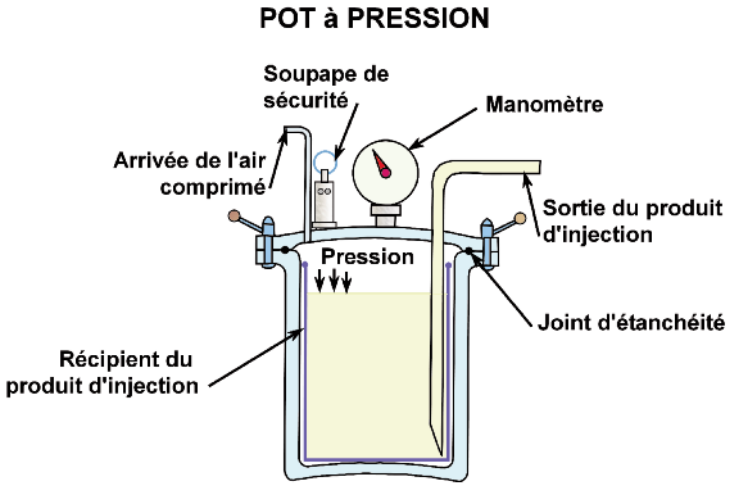


Figure n° 5 : principe de fonctionnement d'un pot à pression

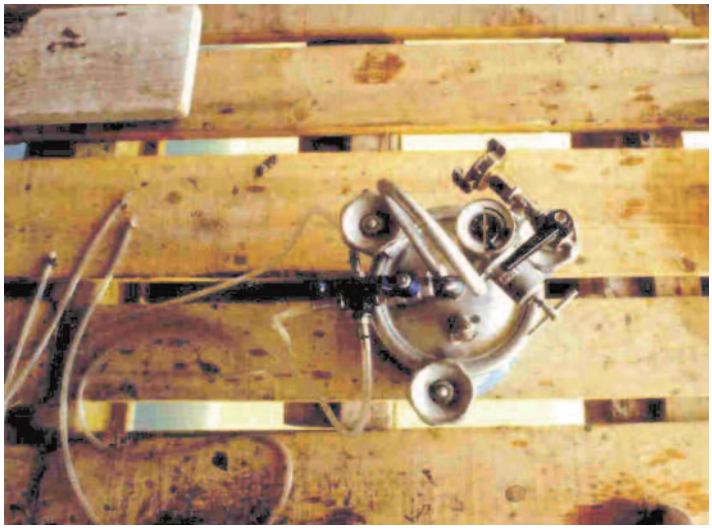


Photo n° 15 : pot à pression et flexible d'injection (crédit photo Freyssinet)

Les pots à pression sont particulièrement bien adaptés aux produits à base de résines thermodurcissables car, en cas de polymérisation du produit, seuls sont à changer les flexibles de liaison entre le pot et les injecteurs.

Cas des seringues ou pistolets

Pour les injections de très petites quantités de produit, il est souvent fait appel à des seringues ou des pistolets manuels qui contiennent le produit à injecter.

Photo n° 16 : pistolet manuel d'injection (crédit photo Freyssinet)

Cas des réservoirs à simple pression gravitaire

Les injections se faisant le plus souvent à faible pression, il est possible d'utiliser des réservoirs placés à faible hauteur au-dessus des injecteurs ou évents. L'écoulement du produit d'injection se fait alors par simple effet gravitaire. Le réglage du débit d'injection est très difficile.

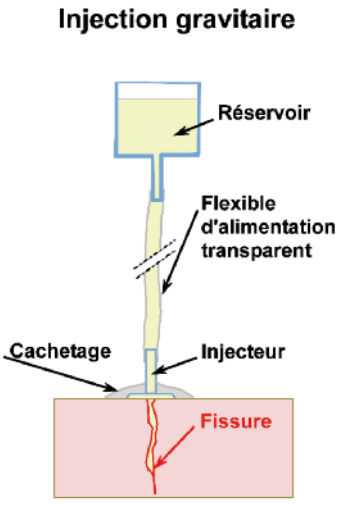


Figure n° 6 : principe de fonctionnement d'un réservoir à simple pression gravitaire

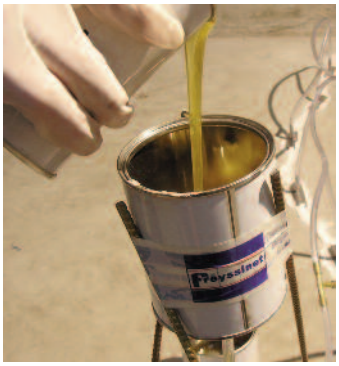


Photo n° 17 : remplissage d'un réservoir à simple pression gravitaire (crédit photo Freyssinet)

Lorsque le produit à injecter est à base de résines thermodurcissables, le réservoir doit avoir une faible section et une grande hauteur, pour limiter au maximum l'effet de masse calorifique qui réduit le **« temps d'utilisation »** du produit ou système. Le réservoir peut aussi être à double enveloppe pour permettre le refroidissement du produit.

Remarque importante : l'injection gravitaire peut compléter une injection lorsqu'on redoute des déperditions de produit (présence de vides, de nids de cailloux, de conduits de précontrainte, etc.). Le réservoir est laissé en place jusqu'au durcissement du produit (polymérisation).

4.5.4 LIAISONS ENTRE LES POMPES OU LES RÉSERVOIRS ET LES INJECTEURS

La liaison entre les pompes ou les réservoirs et les injecteurs est assurée par des flexibles qui doivent être compatibles avec les injecteurs utilisés et la pression d'injection. De plus, **le matériau des flexibles doit être compatible chimiquement avec le produit d'injection.** Enfin, les raccords entre les différents éléments (pompes ou pot à pression ou réservoir et les évents) doivent être parfaitement étanches.

Photo n° 18 : flexible transparent et T de connexion (crédit photo Freyssinet)

> Les types de flexibles utilisés sont les suivants :

- tuyaux translucides pour les produits à base de résines synthétiques (thermo-durcissables) injectés sous faible pression, ce qui permet de suivre la progression du produit et donc le bon déroulement de l'opération ;
- tuyaux en caoutchouc ou en élastomère armés ou non (suivant la pression) pour les autres produits d'injection.

4.5.5 INJECTEURS (OU EVENTS)

L'injecteur sert à introduire le produit d'injection dans la fissure. Il peut aussi jouer le rôle d'évent et permet alors de contrôler le cheminement du produit dans la fissure.

> Il existe deux catégories d'injecteurs :

- les injecteurs collés ;
- les injecteurs forés.

4.5.5.1 Injecteurs collés

Pour avoir une longueur maximale de contact entre l'injecteur et la fissure, ces injecteurs, qui sont appelés **« injecteurs plats »** ou **« injecteurs cavaliers »**, sont constitués d'un tube et d'une platine préformée allongée. Certains injecteurs sont équipés d'un clapet anti-retour, ce qui évite d'avoir à maintenir la pression à la fin de l'opération. Ils sont posés sur la fissure avec un espacement « **l** ». Le produit de cachetage assure leur collage à la surface de l'élément à injecter.

L'espacement « l » (exprimé en centimètres) est donné à partir de l'ouverture « w » de la fissure exprimée en millimètres par la formule empirique suivante : $l = 500.w$

> Ces injecteurs collés sont utilisés exclusivement :

- si la pression d'injection ne dépasse pas 0,5 MPa (5 bars). En général, elle est voisine de 0,1 à 0,2 MPa (1 à 2 bars) ;
- si le débit d'injection est faible.

Photo n° 19 : injecteur plat ou cavalier (crédit photo Freyssinet)

Photo n° 20 : autres types d'injecteurs collés (crédit photo Poineau)

4.5.5.2 Injecteurs forés

Les injecteurs forés sont disposés dans des trous forés avec un marteau perforateur, voire un carottier (en général de 15 à 30 mm de diamètre) dans l'axe de la fissure s'il existe un plan de fissuration bien net ou dans une direction qui traverse en biais le plan de la fissure.

Ces injecteurs peuvent être constitués d'un tube dont l'extrémité placée dans le forage est munie d'un manchon en caoutchouc qui est associé à un dispositif d'écrasement. Cet ensemble permet d'obtenir l'étanchéité et éviter les fuites entre le forage et le tube.

> Il existe d'autres systèmes d'étanchéité qui peuvent être assurés :

- par des membranes tubulaires souples gonflées à l'air ou à l'eau ;
- par des rondelles en cuir ou en caoutchouc ;
- par un cachetage ;
- etc.

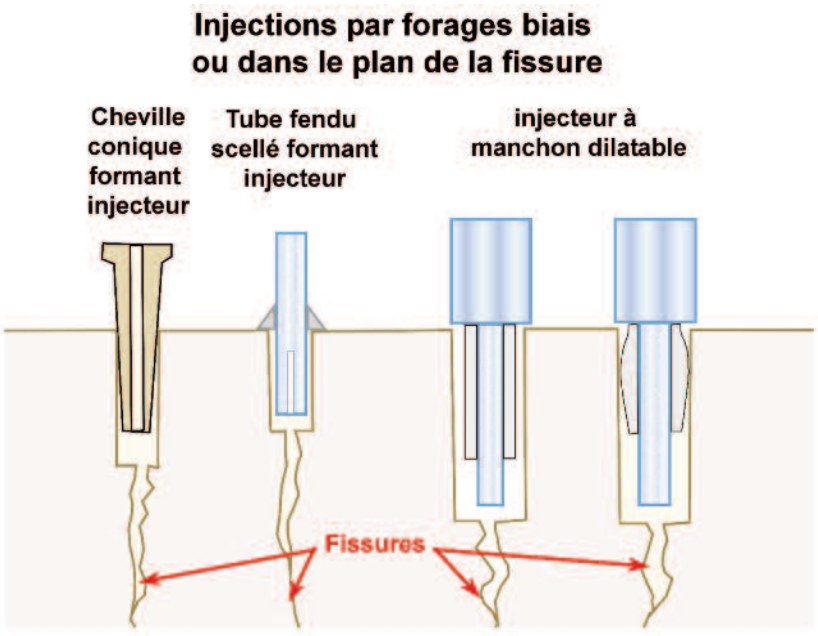


Figure n° 7 : différents modèles d'injecteurs forés

Certains de ces dispositifs permettent d'effectuer l'injection à l'emplacement prévu, là où elle est utile (se reporter au schéma de l'injecteur à manchon dilatable). Pour que l'injection soit réussie, il est indispensable de s'assurer que les injecteurs communiquent avec la fissure à injecter et que les débris du forage ne l'obstruent pas.

Ces injecteurs sont généralement utilisés pour des injections (coulis, résines gonflantes, etc.) nécessitant de gros débits et des pressions dépassant 0,5 MPa (5 bars).

En conséquence, de tels injecteurs doivent être munis de dispositifs de fermeture (clapets anti-retour, robinets, valves, etc.) et de systèmes de mesure de la pression (manomètre dont la fiche d'étalonnage date de moins de trois mois) et du débit (un débitmètre est indispensable).

Photo n° 21 : mise en place d'injecteurs dans des trous forés (crédit photo Parexlanko)

Pour une injection à faible débit (produit à base de résines de synthèse thermodurcissables) ou pour de faibles volumes d'injection, il est possible d'utiliser des injecteurs en forme de vis munie d'un canal axial et d'une vanne anti-retour. Pour assurer l'étanchéité, l'injecteur est vissé dans une cheville en plastique (ce type d'injecteur est analogue à celui utilisé pour traiter les bois de charpente en place en cas d'attaque de parasites).

5 Modes opératoires

5.1 Généralités
5.2 Préparation de support
5.3 Préparation de l'injection
5.4 Réalisation de l'injection

5.1 Généralités

> L'injection d'une fissure comporte les trois phases suivantes :

- la préparation du support ;
- la préparation de l'injection ;
- la conduite de l'injection

Ces différentes phases sont détaillées dans la norme **NF P95-103** mais sans aucun schéma ni photographie.

La procédure d'injection et le cadre du document de suivi de l'injection sont également décomposés en trois sous-dossiers correspondant aux trois phases visées ci-dessus.

L'ensemble des opérations liées aux trois phases est effectué conformément aux dispositions **de la procédure d'injection** qui reprend les exigences **du marché,** de la norme **NF P95-103,** de la notice d'emploi du produit et des règles de l'art (fascicules du CCTG, DTU…). **Le document de suivi de l'injection** est complété au fur et à mesure du déroulement des travaux.

Note : le traitement des arrêts d'eau dans les ouvrages souterrains fait l'objet de la recommandation actuelle GT9R1F2 de l'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES). Une nouvelle est en préparation.

5.2.1 GÉNÉRALITÉS

La préparation du support est imposée par la norme **NF P95-103,** qui donne une liste complète des défauts qui peuvent exister et des techniques de préparation pouvant être utilisées, mais sans aucun schéma ni photographie.

Le marché complète, si nécessaire, les prescriptions de la norme et impose sur le chantier **un relevé contradictoire des défauts et des fissures.**

Une épreuve de convenance doit être effectuée pour vérifier que **la technique de préparation du support** est adaptée à l'objectif fixé.

Le marché demande à **l'entrepreneur** de proposer à l'acceptation **du maître d'œuvre la procédure et le cadre du document de suivi relatifs à la préparation du support.** Les techniques, le personnel ainsi que les moyens et produits à mettre en œuvre seront ensuite validés par **l'épreuve de convenance** correspondante. Cette procédure est intégrée dans **celle d'injection** et **ce cadre de document de suivi** est intégré dans **le cadre du document de suivi d'injection.**

> La préparation du support comporte trois opérations :

- le relevé contradictoire des défauts du support et des fissures ;
- la préparation de la surface du support où sont situées les fissures, de façon à débarrasser le support des diverses salissures qui pourraient gêner l'injection ;
- le nettoyage, si nécessaire, des fissures.

Photo n° 22 : dépôt de calcite le long d'une fissure (crédit photo Poineau)

5.2.2 EXEMPLES DE DÉFAUTS DU SUPPORT ET CLASSIFICATION DES FISSURES

> Exemples de quelques défauts du support néfastes à une injection :

- une humidité interne due à la présence d'eau en pression ou en contre-pression,
- un ruissellement ou une stagnation d'eau,
- la présence de laitance qui peut nuire à l'adhérence du cachetage,
- des traces de calcite,
- des algues, des moisissures et des lichens,
- des balèvres qui masquent plus ou moins la fissure,
- des inclusions de débris (bois, papier, polystyrène, morceaux de fils d'attache des armatures…),
- la pollution par des huiles, de la graisse, des fumées…,
- etc.

> Classification des fissures :

Les fissures peuvent être classées comme **accessibles et visibles** ou comme **inaccessibles et cachées.** Le choix de la technique d'injection est à adapter en conséquence.
Les fissures peuvent être classées comme **ouvertes ou fermées.** Les fissures fermées concernent essentiellement **les structures précontraintes,** tant que les charges appliquées restent inférieures aux charges qui entraînent un dépassement de l'état limite de fissuration. L'injection d'une telle fissure impose le plus souvent le chargement de la structure afin d'ouvrir la fissure pour la rendre injectable.
Seule, **l'intervention d'un laboratoire spécialisé** dans le cadre d'une épreuve de chargement permet de repérer les fissures dites fermées. Il s'agit d'une opération lourde et complexe.

> Il est possible de classer une fissure ouverte, qui peut être active ou qualifiée d'inactive (morte), dans une des quatre catégories suivantes :

- sèche ;
- humide ;
- saturée ruisselante ;
- dans l'eau et soumise à une pression plus ou moins importante.

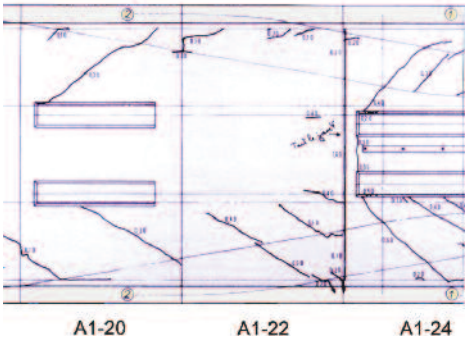
Note : voir la recommandation GT9R1F2 actuelle, qui est davantage détaillée, en attendant la nouvelle mouture.

5.2.3 RELEVÉ DES DÉFAUTS ET DES FISSURES

Un relevé de ces défauts doit normalement figurer dans **les pièces du marché.** Il doit cependant être complété par **un relevé contradictoire de l'état des supports** qui permet aussi de marquer et de métrer les fissures à traiter et de fixer définitivement les moyens de préparation du support à utiliser.

Il est à noter que **le relevé contradictoire des fissures** permet également d'estimer grossièrement le volume des fissures à injecter et donc d'en déduire le volume de produit d'injection à utiliser.

Figure n° 8 : extrait d'un plan de fissuration



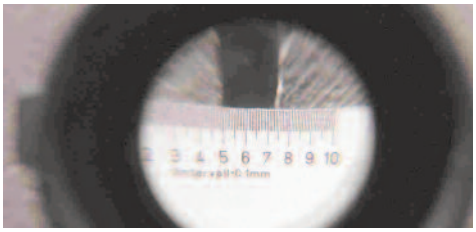


Photo n° 23 : mesure de l'ouverture apparente d'une fissure au moyen d'un compte-fils (crédit photo Freyssinet)

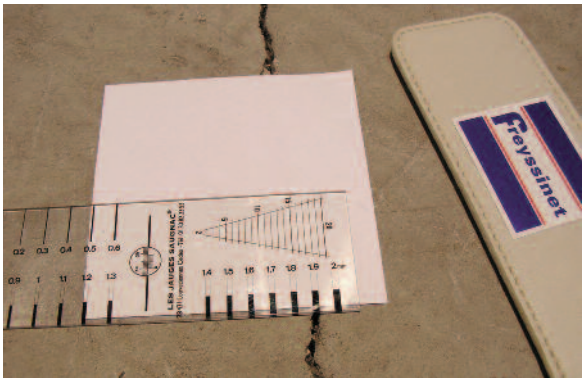


Photo n° 24 : utilisation d'un fissuromètre Saugnac (crédit photo Freyssinet)

Ce relevé contradictoire permet aussi d'éliminer de l'opération d'injection **les fissures qui relèvent d'autres techniques** et qui ne peuvent être traitées par une simple injection. Par exemple :

- il est inutile de vouloir injecter une fissure engendrée par **la corrosion d'une barre de béton armé.** Le traitement d'un tel désordre relève du **GUIDE FABEM 1** sur la reprise du béton dégradé ;
- le traitement des fissures dues à **une alcali-réaction ou une réaction sulfatique interne** relève des documents techniques de **l'IFSTTAR** (ex LCPC) suivants :
  - « Aide à la gestion des ouvrages atteints de réactions de gonflement interne » – guide méthodologique, novembre 2003 ;
  - « Protection et réparation des ouvrages atteints de réaction de gonflement interne » – Recommandations provisoires, octobre 2010.

Photo n° 25 : fissure engendrée par la corrosion d'une armature de BA (crédit photo Poineau)

Photo n° 26 : fissures dues à une réaction alcali-réaction (crédit photo Poineau)

5.2.4 NETTOYAGE DES FISSURES

Le plus souvent, la faible ouverture des fissures à injecter ne permet pas d'avoir une idée de leur état interne. Le nettoyage des fissures est donc une opération délicate qui ne doit pas conduire à les obstruer.

> Les moyens suivants doivent être disponibles sur le chantier :

Photo n° 27 : fissure masquée localement par une balèvre (crédit photo Poineau)

- des matériels pour effectuer de légers repiquages (élimination de balèvres…) ;
- des brosses ;
- un aspirateur ;
- de l'air comprimé déshuilé ;
- de l'eau sous pression (à éviter si le produit d'injection est sensible à l'eau) ;
- un décapeur thermique (séchage) ;
- des détergents…

Les balèvres masquant partiellement les fissures doivent être éliminées par repiquage.

Les fissures doivent être débarrassées de tous les dépôts qui pourraient gêner leur remplissage comme la poussière, la boue, les traces de calcite, les mousses et lichens, etc.

L'utilisation de brosses, d'air comprimé déshuilé et d'eau sous-pression permet en général de résoudre les problèmes. En cas d'utilisation d'eau sous pression, l'opération doit être suivie d'un soufflage à l'air comprimé pour éliminer l'eau en excès.
De plus, **si le produit d'injection est sensible à l'eau,** il faudra procéder à un séchage complet des fissures (dans un tel cas, il est préférable d'éviter le recours à l'eau).

Dans le cas où les supports seraient souillés par de la graisse ou de l'huile, il est possible d'utiliser des détergents, sous réserve de procéder ensuite à un rinçage soigné suivi d'un soufflage, voire d'un séchage.

Photo n° 28 : nettoyage d'une fissure avec une brosse métallique (crédit photo Freyssinet)

Dans le cas d'une injection avec un produit à base de liants hydrauliques, il est rappelé que **la fissure doit être humidifiée** pour éviter que l'eau du coulis ne soit absorbée par le béton sec, ce qui provoquerait un colmatage de surface bloquant la pénétration du produit.

Les mousses, lichens, algues et moisissures peuvent être éliminées du support par application de produits destructeurs (fongicides) qu'il faut laisser agir un certain temps avant de procéder à un rinçage soigné.

Le marché demande à **l'entrepreneur** de proposer à l'acceptation **du maître d'œuvre la procédure et le cadre du document de suivi relatifs à la préparation de l'injection.** Les techniques, le personnel, ainsi que les moyens et produits à mettre en œuvre seront ensuite validés par **l'épreuve de convenance** correspondante. **Cette procédure** est intégrée dans **celle d'injection** et **ce cadre de document de suivi** est intégré **dans le cadre du document de suivi d'injection.**

Photo n° 29 : matériel nécessaire au nettoyage des fissures et à leur cachetage (crédit photo Freyssinet)

Photo n° 30 : préparation du matériel et des produits nécessaires à une injection (crédit photo Freyssinet)

Lors de cette préparation, **les injecteurs et les évents sont mis en place.** Dans le cas où totalité de la longueur de la fissure est accessible, il est préférable d'utiliser des injecteurs collés disposés à cheval sur la fissure. Ensuite, la fissure est cachetée extérieurement par un produit pâteux pour faciliter un bon remplissage.

ATTENTION : dans le cas **des fissures en « V » de faible profondeur** (par exemple, les fissures dues aux retraits le long d'une reprise de bétonnage), il faut s'assurer que le produit de cachetage ne bouche pas la fissure empêchant ainsi la pénétration du produit d'injection. Le risque d'obstruction est encore plus élevé dans le cas où, pour des raisons esthétiques, le produit de cachetage n'est pas enlevé à la fin de l'injection, ce qui impose son lissage pour former une bande de teinte, de largeur et d'épaisseur constantes. Ce cas particulier montre l'importance de **l'épreuve de convenance.**

Photo n° 31 : fissure en forme de « V » ouverte mais de faible profondeur (crédit photo Poineau)

Dans le cas **des fissures aveugles** il n'est pas possible de réaliser un cachetage sur les faces non vues ; des opérations préalables à l'injection sont, normalement, nécessaires pour fermer **« le fond »** de la fissure. Par exemple, dans le cas d'un radier fissuré, des injections du sol sont réalisées au moyen d'un coulis de ciment à partir de forages traversants régulièrement espacés. La recommandation GT9R1F2 de l'AFTES et la future recommandation donne d'autres techniques d'injection sans fermer le fond.

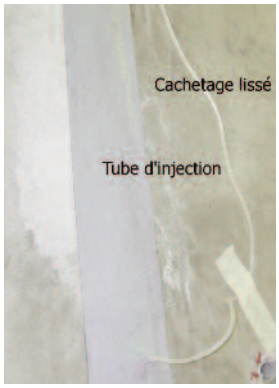


Photo n° 32 : cachetage en bande et lissé (crédit photo Poineau)

Photo n° 33 : encollage avant mise en place des évents collés (crédit photo Freyssinet)

Dans le cas des fissures traversantes, il faut, normalement, disposer des injecteurs et évents sur chacune des faces de la pièce à traiter, si **l'épreuve de convenance** en montre la nécessité. Par exemple, dans le cas de l'injection des fissures d'une dalle comme le hourdis inférieur d'une poutre caisson…, les injecteurs sont placés en sous-face et les évents en surface.
Cependant, si pour des raisons non contestables, le temps d'accès à la sous-face est trop limité pour pouvoir réaliser l'injection dans de bonnes conditions, il est envisageable d'injecter les fissures par le dessus de la dalle après avoir fermé par un cachetage le fond de la fissure. Bien entendu, cette injection doit être validée par **une épreuve de convenance** et nécessite l'utilisation de produits ou systèmes d'injection ayant un fort pouvoir de pénétration.

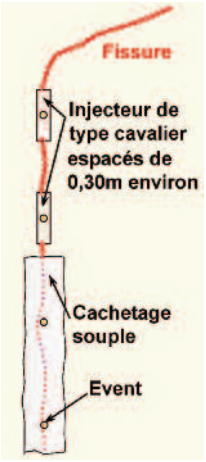


Figure n° 9 : détail de mise en place d'évents collés

L'utilisation des injecteurs forés est plus délicate. En effet, les forages ont tendance à obturer la fissure avec les débris du forage, ce qui impose un nettoyage délicat à réaliser. Cependant, en cas de sous-pression, seule la solution avec forages permet, par exemple, de monter en pression pour chasser l'eau de la fissure. Après l'injection, normalement, les trous doivent être rebouchés.

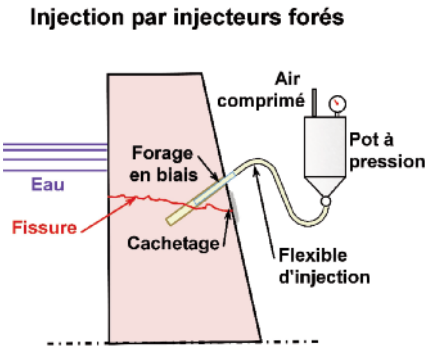


Figure n° 10 : principe d'injection avec des injecteurs forés

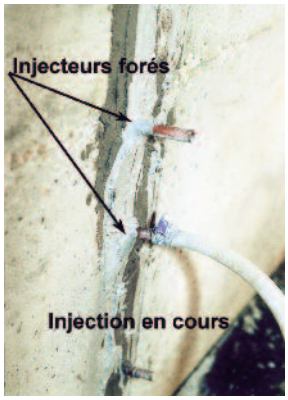


Photo n° 34 : opération d'injection avec des injecteurs forés (crédit photo Parexlanko)

Dans le cas où le produit d'injection risquerait de s'infiltrer dans des vides existants (conduits de précontrainte, nids de cailloux), il faut réaliser, par exemple, des bouchons dans les plans de fissuration sous forme de forages remplis par un mastic souple. Cette technique permet de créer des zones confinées plus faciles à injecter.

Dans tous les cas, un essai de contrôle à l'air comprimé déshuilé doit être réalisé afin de vérifier que la fissure n'est pas obstruée et que les injecteurs et les évents communiquent correctement entre eux. L'air peut être considéré comme sec si le compresseur est en bon état.

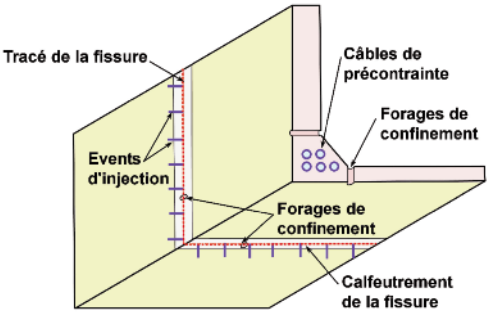


Figure n° 11 : principe de confinement des zones à injecter

Cas des fissures actives

Se reporter au guide FABEM 8 : réparation et renforcement des structures par précontrainte additionnelle.

Lorsque **les fissures sont actives,** ce qui est le cas lorsqu'une poutre précontrainte présente des fissures de flexion, une **injection seule ne peut pas rétablir la continuité et la résistance du matériau béton si elle n'est pas suivie, par exemple, par la mise en place d'une précontrainte additionnelle.**

Dans un tel cas, l'injection ne représente qu'une petite phase des travaux, cependant essentielle pour la réussite de la réparation.

> Il faut lors de l'injection :

- d'une part, ouvrir les fissures, ce qui facilite leur remplissage. La mise en place d'un chargement est le procédé le plus courant ;
- d'autre part, éviter toute variation d'ouverture des fissures pendant la durée de l'injection et du durcissement du produit d'injection pour éviter de détruire les liaisons en train de se former ;
- enfin, attendre le durcissement du produit d'injection avant de recomprimer les fissures :
  - en premier, soit par l'enlèvement des charges, soit par un vérinage permettant d'imposer une dénivellation différentielle des appuis,
  - en second, par la mise en tension de la précontrainte additionnelle.

Ces diverses opérations, qui doivent être prévues et détaillées **au marché,** sont explicitées ci-après.

> De telles opérations nécessitent de faire appel :

- d'une part, **à un laboratoire** spécialisé ;
- d'autre part, **à un bureau d'études** compétent.

Le laboratoire spécialisé est chargé de réaliser certaines mesures avant, pendant et après l'injection. Ces mesures, qui sont décrites ci-après, imposent l'implantation de capteurs de déplacement électriques, de jauges de déformation et de thermocouples comme suit :

- les capteurs de déplacement sont disposés à cheval sur un certain nombre de fissures jugées représentatives,
- les jauges de déformation sont disposées sur le béton à proximité immédiate des capteurs,
- les thermocouples, dans le cas d'une poutre-caisson, sont disposés à la clé des travées et à mi-épaisseur des hourdis supérieur et inférieur.

La figure ci-contre donne le principe de la mise en place des capteurs et des jauges (trois au minimum par ligne de mesure).

Photo n° 35 : implantation de jauges et de capteur pour contrôler une fissure active (crédit photo LRPC)

Le bureau d'études est chargé d'estimer en premier les insuffisances de force portante de l'ouvrage, de fixer l'importance des chargements, de calculer les sollicitations, les contraintes et les déformations qui affectent la structure pendant toutes les phases de la réparation et à sa remise en service. Il interprète également les résultats de mesures. Une étroite collaboration est nécessaire entre **le bureau d'études et le laboratoire.**

> Chargement de la structure

La mise en place progressive de charges statiques sur une structure permet d'ouvrir les fissures, ce qui facilite leur injection. L'importance du chargement à mettre en place est à adapter à la capacité portante de la structure avant renforcement. Il est fixé par **le bureau d'études** associé au projet de réparation en liaison avec **le laboratoire** chargé des essais. Les capteurs de déplacement permettent de s'assurer que les fissures s'ouvrent sous les chargements. Ce chargement n'est pas toujours nécessaire. Il peut aussi être remplacé par une technique équivalente, telle qu'une dénivellation d'appui (cas d'une poutre continue sur appuis simples).

> Stabilisation thermique de l'ouverture des fissures

Dans le cas d'une structure isostatique (poutre sur appuis simples), le chargement seul empêche les variations d'ouverture des fissures.

Dans le cas **d'une structure hyperstatique** (par exemple, une poutre continue), les effets des variations thermiques et, en particulier, celles dues à l'ensoleillement provoquent des variations importantes de l'ouverture des fissures. Il est donc indispensable de maîtriser ce phénomène dit « du gradient thermique » (la différence de température entre l'extrados et l'intrados dans le cas de la poutre-caisson).

Outre le travail de nuit (période où les gradients thermiques sont réduits), trois solutions efficaces permettant de réduire le gradient thermique à environ 1, voire 2°C, peuvent être utilisées :

- l'arrosage en permanence ou presque de l'extrados de l'ouvrage,
- la mise en œuvre d'une peinture blanche sur l'extrados de l'ouvrage. Ce revêtement doit pouvoir être facilement éliminé. **Attention, si l'ouvrage est circulé, le revêtement doit être nettoyé** pour maintenir son efficacité dès que les relevés des gradients thermiques montrent que ceux-ci s'accroissent,
- la mise en œuvre d'un revêtement de gravillons de couleur blanche. **Attention, si l'ouvrage est circulé, des nettoyages s'imposent** dès que les relevés des gradients thermiques montrent que ceux-ci s'accroissent.

La solution de stabilisation choisie doit être mise en œuvre avant le début des injections et durer jusqu'à la mise en tension de la précontrainte additionnelle.

Les thermocouples, qui donnent la différence de température entre l'extrados et l'intrados de la structure, permettent de s'assurer de l'efficacité de la solution de stabilisation des gradients thermiques. Des mesures sont effectuées avant et pendant la mise en œuvre des mesures de stabilisation.

Les capteurs de déplacement permettent de déterminer, d'une part, le cycle journalier d'ouverture des fissures en fonction des gradients thermiques de façon à déterminer l'heure optimale de début d'injection (c'est-à-dire l'heure à laquelle les fissures sont les plus ouvertes [normalement en soirée entre 18 et 20 h]) et, d'autre part, que les ouvertures des fissures restent stables durant toute la durée de l'injection.

> Déchargement de la structure

Après durcissement des produits d'injection (la durée de polymérisation est fonction des conditions climatiques et des produits choisis, compter normalement de 24 à 48 h), au moment où les charges sont évacuées ou lorsque le vérinage est appliqué, il est nécessaire de s'assurer que les fissures se sont bien refermées et sont bien injectées et qu'elles sont suffisamment remises en compression pour ne pas se rouvrir avant la mise en tension de la précontrainte additionnelle. Ce sont les jauges de déformations qui sont utilisées pour ce contrôle. Elles enregistrent les valeurs des compressions développées lors de l'enlèvement des charges ou lors du vérinage. Tout défaut de réaction d'une jauge indique un mauvais remplissage local d'une fissure.

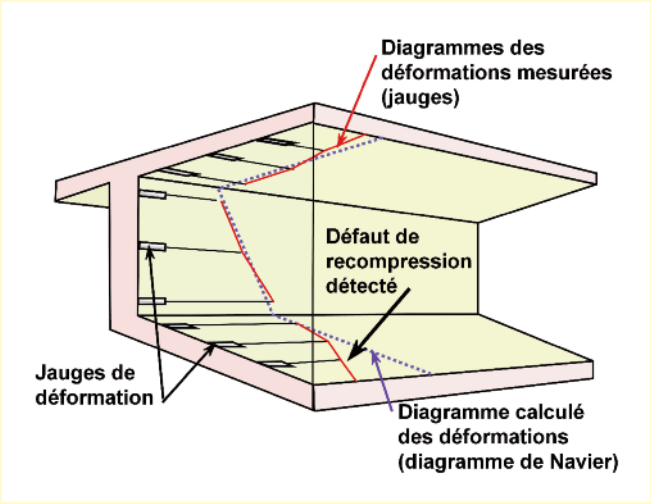


Figure n° 12 : principe de la comparaison entre les déformations mesurées et celles calculées

> Mise en tension de la précontrainte additionnelle

Lors de la mise en œuvre de la précontrainte additionnelle, les jauges de déformations enregistrent les valeurs des compressions appliquées au béton qui sont à comparer aux valeurs calculées par **le bureau d'études.**

Remarque : les principes qui viennent d'être développés, sont à adapter au problème rencontré. L'injection des fissures d'un réservoir diffère de l'injection des fissures du tablier d'un pont.

5.4.1 GÉNÉRALITÉS

Le marché demande à **l'entrepreneur** de proposer à l'acceptation **du maître d'œuvre la procédure et le cadre du document de suivi relatifs à la réalisation de l'injection.** Les techniques, le personnel ainsi que les moyens et produits à mettre en œuvre seront ensuite validés par **l'épreuve de convenance** correspondante. Cette procédure est intégrée dans celle d'injection et ce cadre de document de suivi est intégré dans le cadre du document de suivi d'injection.

L'injection des fissures ne peut avoir lieu que si les conditions thermiques et hygrométriques d'emploi des produits sont respectées (se reporter à **la fiche technique du produit et à la procédure d'injection).** Il est donc nécessaire **de mesurer la température du support et celle de l'atmosphère ainsi que l'hygrométrie de l'air** avant tout début de l'opération. Ces mesures doivent être renouvelées si les conditions climatiques évoluent pendant l'injection. La mise en place d'un abri de protection peut permettre d'éviter des variations trop rapides de la température du support.

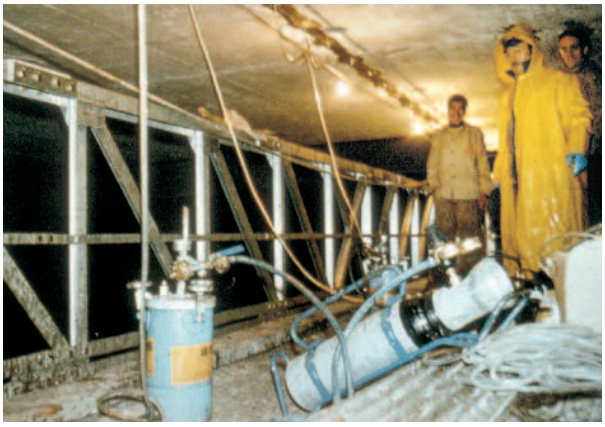


Photo n° 36 : injection de nuit au pont sur l'Arve II (crédit photo CÉTÉ de Lyon)

Dans le cas des fissures actives, il faut limiter au maximum leurs variations d'ouverture. Pour cela, il faut empêcher les variations du chargement de l'ouvrage (par exemple, interdiction du trafic sur le tablier d'un pont), réduire les gradients thermiques (par exemple, réaliser les injections de nuit), etc.

5.4.2 PRÉPARATION DES PRODUITS

5.4.2.1 Cas des produits prêts à l'emploi

Les produits, sauf exception, sont mélangés avant leur introduction dans le matériel d'injection en suivant scrupuleusement **les indications de la notice technique et de la procédure d'injection des fissures,** qui portent, en particulier, sur la température et l'hygrométrie ainsi que sur la vitesse du malaxeur et également sur **le temps de mûrissement** éventuellement nécessaire avant l'emploi.

Les récipients et les outils utilisés doivent être propres et secs.

Il est rappelé que la vitesse de rotation (quelques centaines de tours par minute) et la forme de l'hélice doivent être adaptées pour permettre un mélange homogène en consistance et couleur des composants qui sont plus ou moins visqueux et pour éviter l'inclusion d'air dans le mélange. La vitesse doit être élevée dans le cas des coulis de ciment non adjuvantés.

La totalité du contenu des pots des différents produits à mélanger (base, durcisseur, voire accélérateur) doit être utilisée. Tout manquement à cette règle risque d'entraîner **un défaut de durcissement quasiment irrattrapable** (par exemple, non polymérisation du produit dans les fissures injectées !).

Photo n° 37 :
le produit A est versé avec soin et en totalité dans le pot de produit B (crédit photo Freyssinet)

Par temps chaud, pour augmenter **"le temps d'utilisation"** du mélange, il est possible de refroidir les produits avant le mélange, voire de conserver le mélange au frais pendant l'utilisation.

Photo n° 38 :
mélange au malaxeur de la résine et du durcisseur (crédit photo Freyssinet)

5.4.2.2 Cas des produits fabriqués sur le chantier

Les produits sont fabriqués sur le chantier conformément aux dispositions de **la procédure d'injection des fissures.**

Le chantier doit disposer **de moyens de pesage étalonnés** permettant de satisfaire les mêmes tolérances de fabrication que les produits prêts à l'emploi normalisés du même type.

Avant toute mise en œuvre, ces produits sont soumis à **une épreuve de convenance de fabrication** pour s'assurer qu'ils peuvent être fabriqués sur le chantier en respectant les tolérances prévues **au marché** et dans **la procédure d'injection.**

5.4.3 CONDUITE DE L'INJECTION

5.4.3.1 Généralités

L'injection, sauf disposition contraire du marché, ne peut avoir lieu sans un accord formel du maître d'œuvre (POINT D'ARRÊT). Elle est exécutée conformément aux dispositions **de la notice technique et de la procédure d'injection.**

Le personnel et le matériel doivent être adaptés à la durée de l'opération d'injection qui est souvent limitée par les exigences **du maître de l'ouvrage** fixées **au marché.**

Si de nombreuses fissures doivent être injectées et si **le marché** le prévoit, **une épreuve de convenance** est à réaliser sur certaines d'entre-elles.

Le chargement pour ouvrir les fissures et les moyens de stabilisation des gradients thermiques sont mis en œuvre si cela est prévu **au marché.**

Pour avoir, si cela est nécessaire, un **« temps d'utilisation réel »** le plus long possible du produit d'injection, celui-ci peut être conservé à la température minimale recommandée par le fournisseur.

Note : la viscosité des résines thermodurcissables diminue avec une élévation de température, mais cela réduit de façon significative **« le temps d'utilisation réel ».**

> Avant d´injecter le produit, il faut s'assurer conformément aux dispositions de la norme NF P95-103 :

- que les conditions thermiques et hygrométriques ambiantes sont appropriées ;
- que la température du support est dans la fourchette admissible pour le produit et est supérieure d'au moins 3°C **au point de rosée** (risque de condensation) ;
- que le conditionnement du produit d'injection et son **« temps d'utilisation réel »** sont adaptés au rythme de mise en œuvre prévu ;
- que la température du produit d'injection après malaxage ne risque pas d'impacter son **« temps d'utilisation »** attendu.

> L'injection est réalisée :

- **soit en injectant évent après évent.** Dans ce cas, le produit d'injection est généralement introduit par l'injecteur situé le plus bas et l'injection est poursuivie jusqu'à ce que le produit apparaisse aux différents évents (c'est à dire les injecteurs situés au-dessus). Ces évents sont fermés au fur et à mesure de la progression du produit d'injection ;
- **soit en injectant par groupes d'évents,** par exemple dans le cas de fissures de longueur importante ou de fissures très fines (afin de limiter le risque de dépassement du **"temps d'utilisation"** attendu). Dans ce cas, le produit d'injection passe par un réseau de tubes d'alimentation reliés aux évents-injecteurs du groupe. Généralement quelques évents sont conservés pour contrôler le passage du produit d'injection.

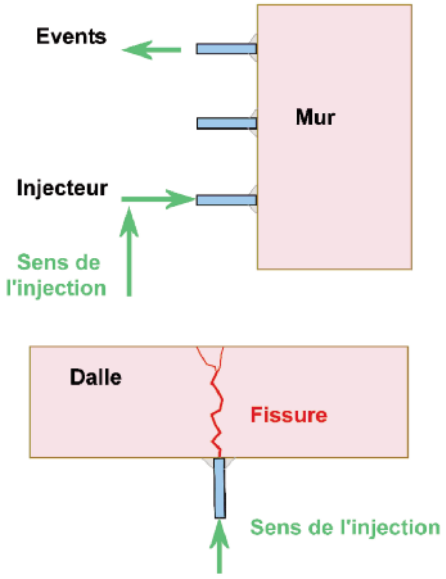


Figure n° 13 : exemples d'injection par l'évent le plus bas

Photo n° 39 : exemple d'injection par groupe d'évents (crédit photo Freyssinet)

En général, pour les fissures fines, **les pressions d'injection** (utilisation d'injecteurs cavaliers) des produits organiques ou hydrauliques **ne dépassent pas 0,1 à 0,2 MPa (1 à 2 bar).** En effet, **c'est la viscosité et la mouillabilité du produit** qui conditionnent sa pénétration dans la fissure et non la pression d'injection.

Tout incident d'injection, comme une fuite, doit être traité conformément aux dispositions de **la procédure d'injection et une fiche d'anomalie** doit être ouverte. **La procédure d'injection** doit être renseignée sur la conduite à tenir en face des incidents classiquement prévisibles.

Note : l'obturation d'une fuite du produit d'injection peut être obtenue avec du ciment prompt (ciment conforme à la norme **NF P15-314**).

Photo n° 40 : fuites de résine d'injection (crédit photo Poineau)

Dès que la fissure est totalement injectée, **il faut maintenir la pression pendant un certain temps.** Il est aussi possible de mettre en place **un réservoir à simple pression gravitaire** pour continuer à alimenter la fissure sous une légère pression. Il est rappelé que le réservoir doit avoir une forme allongée pour réduire l'effet de masse calorifique et qu'il est également possible de le refroidir.

5.4.3.2 Cas des fissures en présence d'eau libre ou sous pression

Contrairement aux cas des fissures sèches ou simplement humides, les espaces à remplir par l'injection sont déjà occupés par de l'eau. Le choix des techniques d'injection comme des produits dépend de la dimension des espaces à remplir, de la pression de l'eau qu'il faut vaincre et de la pérennité du remplissage après traitement.
Dans le cas des arrêts d'eau, l'eau présente dans les fissures peut avoir une influence sur le temps de prise du produit d'injection. Il faut s'en assurer lors de l'épreuve de convenance, voire avant tout début d'injection.

> Note : pour obtenir des informations techniques complémentaires se reporter aux documents suivants :

- guide ISO / TR 16475 « Guideline for repair of water-leakage cracks in concrete structures » du TC71-SC7-WG3;
- guide de l'AFTES GT9R1F2 « Traitement des arrêts d'eau dans les ouvrages souterrains » de 2006 et le futur guide GT9R1F3 ;
- chapitre XI (injections en fondations) du fascicule n°68 : Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil d'octobre 1993.

> Les méthodes d'injection peuvent être rattachées aux deux catégories suivantes :

- les techniques par décharge ;
- les techniques par blocage.

Recours aux techniques dites « par décharge » :

Lorsqu'une fissure ruisselante ou suintante ne peut être cachetée à cause de la pression d'eau, qui chasse les produits de cachetage avant qu'ils ne fassent prise, des forages traversants ou non sont réalisés sur le tracé de la fissure. Ces forages ont pour but de drainer les fluides et de les canaliser de façon à décharger totalement la fissure pendant la durée de la pose des évents intermédiaires, de l'application et de la prise des produits de cachetage.
Ces points de décharge sont équipés d'obturateurs dilatables munis de robinets restant ouverts pendant le déchargement de la fissure. Le nombre de forages drainants répartis le long de la fissure doit être adapté au débit des fuites de façon que la fissure à cacheter ne soit plus ruisselante.
Une fois le cachetage réalisé, l'injection de la fissure est réalisée entre les drains de façon traditionnelle. En fin d'opération, les drains sont injectés. La pression d'injection doit être supérieure à la pression de fuite. Les produits d'injection doivent être choisis en fonction du milieu humide dans lequel ils sont utilisés.

Recours aux techniques dites « par blocage » :

Photo n° 41 : la présence d'eau rend les travaux difficiles (crédit photo Parexlanko)

Lorsque les venues d'eau présentent un fort débit, il est généralement difficile, voire impossible de réaliser une « décharge » de la fissure. Il faut alors injecter la fissure avec des produits dont la réactivité de prise doit être quasi instantanée et avec une pression d'injection supérieure à la pression de fuite.
Dans un tel cas, des forages inclinés sécants au plan de la fissure sont réalisés sur son tracé. Ces forages sont équipés de cannes d'injections à obturateur dilatable munis d'un robinet. Aucun cachetage n'est réalisé entre ces points d'injection que constituent ces cannes d'injection.
Les produits d'injection sont des produits dont la réactivité peut facilement être réglée par l'opérateur au cours de l'injection (de la seconde à quelques minutes). De tels produits, très réactifs, ne peuvent être mis en œuvre qu'au moyen de pompes pour bicomposants à débit réglable et capables de monter à des pressions de **« claquage »** importantes, car il est souvent nécessaire de revenir compléter les points d'injection au cours d'une telle opération.
Ces techniques sont complexes et nécessitent une main d'œuvre spécialisée maîtrisant le matériel et des produits spéciaux qu'il faut régler et adapter en permanence en fonction des événements qui surgissent au cours de l'opération.

Rappel

Le terme **« claquage »** est utilisé pour indiquer que la pression du produit au cours d'une injection complémentaire provoque la fissuration du produit injecté précédemment dans la fissure (se reporter à l'article 4.5.3).

Il est rappelé que les produits d'injection en présence d'eau de type hydrophiles ou hydrophobes sont, après prise, soit flexibles (gels ou mousses), soit rigides (solides).
La pérennité du remplissage et donc de l'étanchéité est liée au choix du produit d'injection en tenant compte du fait, qu'après traitement, les conditions d'environnement du produit peuvent changer. Par exemple, le produit injecté dans un milieu humide peut se retrouver, après traitement, dans un milieu sec. Certains produits hydrogonflants, tels que des gels, peuvent, en absence d'humidité, subir une perte importante de volume malheureusement non réversible. D'autres produits dits hydrogonflants ont les mêmes inconvénients.

5.4.4 TRAVAUX DE FINITION

Après durcissement du produit d'injection, les cachetages et les injecteurs doivent être enlevés et les trous créés par les forages doivent être rebouchés, sauf disposition contraire **du marché.**

Ces opérations ne peuvent redonner au béton son aspect initial. Aussi, **si le marché le prévoit,** les parements peuvent recevoir **un traitement de surface décoratif** (peinture) pour masquer les défauts d'aspect dus à l'injection ou de protection (revêtement) pour améliorer la résistance des parements vis-à-vis de la pénétration des agents agressifs tout en masquant les défauts d'aspect.

6 Essais et contrôles

6.1 Généralités
6.2 Contrôles de réception des produits
6.3 Épreuve de convenance
6.4 Contrôles d'exécution
6.5 Réception des travaux

6.1 Généralités

La consistance des essais à effectuer lors **des épreuves d'étude et de convenance et lors des contrôles de réception et d'exécution** est fixée par **le marché** qui complète en tant que de besoin les dispositions du présent guide basées sur les normes **NF EN1504-10** et **NF P95-103. Elle est reprise dans les procédures et les cadres des documents de suivi des plans d'assurance de la qualité (PAQ).**

Parmi les contrôles, la plupart relèvent **du contrôle interne,** voire **du contrôle externe à l'entreprise** et les autres **du contrôle extérieur.**

Normalement, le **marché** comporte un **Projet de Schéma Directeur de la Qualité** et un Cadre de SOPAQ qui fixent les exigences en matière de **gestion de la qualité.** Dans ces documents doit figurer une liste minimale de **procédures** et de **cadres de documents de suivi** à fournir…

> Le Plan de Contrôle Global est rédigé par le maître d'œuvre et validé par le maître de l'ouvrage, normalement pendant la période de préparation des travaux en utilisant les SOPAQ de l'entrepreneur et de ses sous-traitants. Il est ensuite mis à jour au fur et à mesure de la fourniture des différents PAQ. Il fixe :

- la répartition des contrôles entre contrôle intérieur (interne et/ou externe du titulaire et des sous-traitants) et contrôle extérieur ;
- la teneur minimale des essais et contrôles à réaliser ;
- les moyens et méthodes de contrôle à mettre en œuvre ;
- les conditions d'acceptation des différents contrôles et épreuves…

Les opérations **du contrôle extérieur** relèvent des exigences **du maître de l'ouvrage** en matière d'assurance de la qualité. Elles ne sont donc pas développées dans le présent guide. **Le marché doit cependant** traiter de celles qui peuvent interférer avec la marche du chantier (opération nécessitant un arrêt partiel ou total du chantier). Les différents **PAQ** tiennent compte des **POINTS D'ARRÊT** contractuels et des éventuelles sujétions apportées par les opérations du **contrôle extérieur.**

Les opérations de contrôle externe à l'entreprise peuvent être demandées par **le marché** ou être proposées par **l'entrepreneur** dans le cadre de sa démarche qualité. Elles ne sont pas développées dans le présent guide.

> Les essais et contrôles à effectuer par l'entrepreneur lors d'une opération d'injection de fissures peuvent être rattachés aux cinq catégories suivantes :

- l'épreuve d'étude[16] (pour mémoire) ;
- les contrôles de réception des produits ;
- l'épreuve de convenance ;
- les contrôles d'exécution ;
- la réception des travaux.

Le chapitre 7 de la norme **NF P95-103** décrit **les essais et contrôles** à effecteur lors de travaux de réparation par injection mais sans rentrer dans les détails pour lesquels il renvoie au présent guide.

16 L'épreuve d'étude est traitée dans l'article 4.2.3.

6.2.1 GÉNÉRALITÉS

Ces contrôles ont pour but de s'assurer que les produits livrés ont été transportés dans de bonnes conditions, qu'ils sont bien conformes aux exigences **du marché** et de **la procédure d'injection** et qu'ils sont stockés conformément aux exigences visées à l'article 4.4 ci-dessus du présent guide relatif au transport et au stockage des produits. Les dispositions suivantes du présent guide sont extraites de la norme **NF P 95-103.**

Le marché doit préciser que les contrôles de réception prévus par les normes en vigueur sont étendus aux conditions de transport et de stockage qui ne sont pas visées par les normes.

Figure n° 14 : réception par le contrôleur des produits de réparation

Toutes les opérations de transport, de manutention, de réception et de stockage des produits font l'objet **d'une procédure.**

La conformité des produits livrés porte sur la vérification **des bordereaux de livraison,** du marquage des produits et systèmes **(marquage CE, marque NF, etc.),** le relevé des numéros de lots ainsi que des dates limites de conservation.

L'acceptation des produits livrés est conditionnée à l'obtention de résultats conformes lors des différents contrôles de réception. Dans le cas contraire, les produits livrés doivent être évacués du chantier après **une contre-épreuve contradictoire** développée ci-après.

La conformité des conditions de transport est appréciée par le contrôle du bon état des emballages et des récipients et le respect de la plage de températures définie par le fabricant, le tout conformément à **la procédure susvisée.**

La conformité des conditions de stockage est appréciée par le respect des recommandations du fabricant vis-à-vis de l'ensoleillement, de l'humidité et de la température. En outre, la durée de stockage et, bien entendu, la date d'utilisation du produit, doivent être compatibles avec la date de péremption, le tout conformément à la procédure susvisée.

> Il est conseillé de prévoir au marché des prélèvements conservatoires. En cas de doute sur la livraison ou si des problèmes se posent sur le chantier, une fiche de non-conformité est ouverte et les prélèvements peuvent être soumis à des essais :

- d'identification ;
- de performance.

Si les essais de vérification de conformité des produits et systèmes ne donnent pas de résultats satisfaisants, conformément **au CCAG (article n°24),** il est procédé à **une contre-épreuve contradictoire,** qui débouche sur leur acceptation ou leur refus. Les résultats de cette contre-épreuve permettent de prendre toutes les dispositions concernant les travaux déjà exécutés, dans le cadre de la gestion de **la fiche de non-conformité.**

> Le marché fixe les essais d'identification et de performance pouvant être effectués :

- **les essais d'identification** sont listés dans les tableaux **2a)** (cas des produits d'injection à base de résines) et **2b)** (cas des produits d'injection à base de liant hydraulique) de la norme **NF EN1504-5** ;
- **les essais de performance** sont listés dans les tableaux **1a)** (cas des produits d'injection de classe F), **1b)** (cas des produits d'injection de classe D) et **1c)** (cas des produits d'injection de classe S) de la norme **NF EN1504-5.**

Note : le marché ne liste que les essais strictement nécessaires, pour identifier le produit d'injection et évaluer ses performances. Cette liste est à mettre au point avec **le laboratoire** chargé des essais pour **le contrôle extérieur.**

> Le marché peut aussi imposer les essais d'identification "rapide" suivants :

- produits à base de résines : poids spécifique, dureté Shore D (rappel, cette caractéristique ne relève pas de la norme produits d'injection), délai maximal d'utilisation ;
- produits à bas de liant hydraulique : temps de prise, analyse granulométrique.

Note : les essais d'identification "rapide" permettent d'accélérer les prises de décision.

Le marché précise les conditions de réalisation et de rémunération de ces essais (nombre et mode de prélèvements, quantités minimales, mode de conservation, échéances à respecter, laboratoires autorisés, etc.).

6.2.2 CAS DES PRODUITS PRÊTS À L'EMPLOI

Les conditions de réception des produits normalisés sur le chantier sont visées par la norme **NF EN1504-10**[17] laquelle ne prévoit que **le contrôle des bordereaux de livraison** (essai n°20 de l'annexe A 9 de la norme).

Il est à noter que le règlement de **la Marque NF** (Produits spéciaux **[NF 030]**) traite du marquage mais pas de la réception des produits admis à **la Marque NF.**

Sauf disposition contraire du marché et conformément **au CCAG,** les produits bénéficiant du droit d'usage de **la Marque NF** (voire d'une marque équivalente) ou faisant l'objet d'une certification reconnue par **le marché sont réputés conformes aux normes** qui les concernent. Il n'est donc pas nécessaire de procéder **aux essais d'identification et aux essais de performance**[18]**.** Les autres contrôles de la liste ci-après sont à effectuer et il y a lieu de réaliser les prélèvements conservatoires.

> Les contrôles de réception portent sur :

- les conditions de transport (conditions de protection des produits contre la chaleur et/ou le froid) ;
- l'état des emballages (tout récipient présentant des fuites, ouvert, sans étiquette doit être refusé et immédiatement évacué du chantier) ;
- le poids brut des emballages prédosés ;

*17 L'ancienne norme **NF P18-800** et l'ancien fascicule de documentation **FD P18-802** fixaient dans le détail les conditions de réception des produits de réparation (conditions de prélèvement, essais à effectuer et condition d'interprétation des résultats, le traitement des non-conformités...)*

18 Dans le cas où les conditions climatiques de mise en œuvre des produits sur le chantier diffèrent nettement de celles de la norme, il est nécessaire de faire des essais spécifiques lors de l'épreuve d'étude.

- la comparaison entre **le bon de commande et le bordereau de livraison.** La concordance porte également sur les étiquettes, emballages, containers, etc., le tout en conformité avec les documents techniques et contractuels ;
- la remise d'un document prouvant que le produit bénéficie bien **du droit d'usage d'une marque** pour les produits certifiés ;
- la conformité du marquage et, en particulier, les dates de péremption des produits et les classes ou catégories des produits (niveaux de performance) ;
- l'exécution **de prélèvements conservatoires** (conformément aux nombres et aux quantités prévus **au marché**) ;
- les conditions de stockage (le local doit être équipé d'un thermomètre à maxima et minima) ;
- la température du local dont la mesure est à renouveler pendant la durée du chantier en fonction de l'évolution des conditions météorologiques (en général la température du local doit rester comprise entre 10 et 25°C). **Attention au respect du point éclair pour certains produits ;**
- etc.

Si le marché le prévoit, les essais d'identification, voire de performance, sont à effectuer par **un laboratoire** accepté par **le maître d'œuvre. Il est conseillé de commencer par procéder aux essais d'identification,** ce qui évite d'avoir à effectuer immédiatement **les essais de vérification des caractères normalisés** à cause de la durée et du coût de tels essais.

Si **les essais d'identification** ne sont pas satisfaisants, il est procédé à **une analyse chimique complète** et **aux essais de performance** (ces essais portent sur certains des caractères normalisés) visés par la norme **NF EN1504-5.** Dans un tel cas, les produits ne pourront être utilisés qu'à partir du moment où les résultats des essais seront connus et favorables. **Un POINT D'ARRÊT** est lié **aux essais d'identification.**

Si les essais d'identification ne sont pas effectués, il est procédé **aux contrôles de performance.** Les produits ne pourront être utilisés qu'à partir du moment où les résultats des essais seront connus et favorables. **Un POINT D'ARRÊT** est lié **aux contrôles de performance.**

6.2.3 CAS DES PRODUITS FABRIQUÉS SUR LE CHANTIER

Le marché précise que **les contrôles de réception** prévus pour les produits prêts à l'emploi et normalisés ou certifiés visés à l'article 6.2.2 ci-dessus du présent guide sont applicables, après adaptation, aux différents composants des produits fabriqués sur le chantier et suivant leur nature. En outre, il fixe **les contrôles d'identification et de performance à effectuer.**

6.3.1 GÉNÉRALITÉS

Le relevé contradictoire des fissures et des défauts du support visé ci-devant dans les articles sur la préparation de l'opération et la préparation du support doit être effectué avant **l'épreuve de convenance.**

L'épreuve de convenance est imposée par la norme **NF P95-103** car la norme **NF EN1504-10** ne prévoit aucune **épreuve de convenance** mais uniquement **des contrôles lors de la mise en œuvre des produits. La consistance de cette épreuve de convenance** a été élaborée à partir de l'ossature des contrôles listés dans la norme européenne.

Il est rappelé que le marché, dans le cadre **du plan de contrôle global,** détaille la consistance **de l'épreuve de convenance** et fixe ce qui relève des différents contrôles (interne et extérieur, voire externe) ainsi que les conditions de validation de l'épreuve. Les stipulations **du marché** et **du plan de contrôle global** sont reprises et complétées, si nécessaire, dans **le PAQ, les procédures et les documents de suivi de l'entrepreneur et des sous-traitants.**

Une ou plusieurs fissures représentatives sont proposées par **l'entrepreneur** à l'acceptation **du maître d'œuvre.** Ces fissures, dans le cadre **de l'épreuve de convenance,** sont ensuite préparées puis injectées dans les conditions du chantier et avec le personnel de chantier.

> Toute épreuve de convenance se déroule en présence du maître d'œuvre ou de son représentant qui assurent la part des opérations liées au contrôle extérieur. L'entrepreneur effectue son contrôle interne défini par le PAQ. L'épreuve de convenance concerne les deux opérations suivantes :

- **la préparation du support décrite à l'article 6.3.2 ci-dessous ;**
- **l'injection proprement dite qui comporte cinq phases décrites à l'article 6.3.3 ci-dessous.**

Ces deux opérations de convenance sont nettement séparées dans le présent article mais, sur le chantier, si cela est nécessaire, elles peuvent être enchaînées. Les résultats de ces deux épreuves doivent être positifs. Ils permettent **au maître d'œuvre** de prendre la décision **de lever le POINT D'ARRÊT avant l'injection.**

> Pour résumer, l'épreuve de convenance permet de valider :

- la préparation du support ;
- le choix du type d'injecteur et de ses caractéristiques ;
- l'espacement des injecteurs ;
- le choix du produit de collage ou de scellement des injecteurs ;
- le choix du produit de cachetage de la fissure entre les injecteurs et son élimination, si besoin est ;
- le matériel d'injection et la pression requise ;
- le choix du produit d'injection ;
- les rendements et quantités mises en œuvre ;
- etc.

> Lors de cette épreuve de convenance, il est procédé généralement aux essais, mesures et observations suivants (les essais à effectuer sont détaillées dans la suite du texte dans la partie contrôles d'exécution) :

- la propreté des fissures et la présence ou non d'humidité qui peut être néfaste pour certains polymères ;
- la température et l'humidité ambiantes, la température du support, pour s'assurer de l'absence de risque de condensation néfaste pour les produits à base de liant polymère, du respect de la température minimale de mise en œuvre imposée par la notice technique… ;
- la mesure **"du temps d'utilisation réel"** du produit ou système d'injection en fonction des conditions ambiantes sur le chantier ;
- le suivi de l'évolution de la dureté shore D (norme **NF EN ISO868**) pour les produits à base de liant polymère, pour s'assurer du durcissement « normal » du produit d'injection ;
- le suivi des temps de prise et/ou de la fluidité, suivi des résistances mécaniques en flexion ou compression pour les produits à base de liant hydraulique ;
- le contrôle visuel, si celui-ci est possible, après élimination du cachetage provisoire des fissures (homogénéité de l'aspect, absence de retrait, état du remplissage, arrêt des venues d'eau…), pouvant être complété par la réalisation de carottages pour s'assurer visuellement du bon remplissage, voire, dans le cas d'un colmatage (remplissage partiel destiné à empêcher toute pénétration), de la profondeur de pénétration… ;
- etc.

Des contrôles complémentaires peuvent être exigés par **le marché** dans le cadre **du plan de contrôle global** lorsque l'injection est intégrée dans un processus de réparation complexe comportant, par exemple, la mise en place de charges, la stabilisation des gradients thermiques, la mise en œuvre d'une précontrainte additionnelle, un renforcement par armatures passives collées, un revêtement de finition… Se reporter à **l'annexe A 9** de la norme **NF EN1504-10** et aux **GUIDES FABEM 7 et 8.**

Note : il est rappelé que les recommandations actuelles **GT9R1F2** et futures **GT9R1F3** de l'AFTES donnent des compléments d'information sur la consistance **d'une épreuve de convenance** concernant le traitement des arrêts d'eau.

> L'acceptation de l'épreuve de convenance :

- lève LE POINT D'ARRÊT correspondant ;
- valide et/ou complète définitivement la procédure d'exécution ;
- autorise l'exécution des travaux correspondants.

Si les résultats obtenus lors de cette épreuve ne sont pas probants, l'entrepreneur doit réaliser **une nouvelle épreuve** en apportant les modifications nécessaires à l'obtention du résultat recherché.

Note : les contrôles à effectuer lors de **l'épreuve de convenance** étant les mêmes que ceux qui sont réalisés lors des travaux, il n'a pas été jugé utile de les développer deux fois de suite. Ils figurent donc **dans l'article consacré à l'exécution des travaux.** Il est à noter que la démarche inverse a été choisie lors de la rédaction de la norme **NF P95-103.**

6.3.2 ÉPREUVE DE CONVENANCE DE PRÉPARATION DU SUPPORT

Il est rappelé que la consistance de **cette épreuve de convenance** imposée par la norme **NF P95-103** est normalement fixée **par le marché** qui complète les différents contrôles de l'état du support avant et après préparation donnés par la norme **NF EN1504-10** et les dispositions du présent guide, si nécessaire. Elle est, au final, mise au point **dans la procédure d'injection.**
Les contrôles à effectuer sont visés à l'article 6.4.2 ci-dessous relatif aux contrôles d'exécution lors de la préparation du support.

6.3.3 ÉPREUVE DE CONVENANCE D'INJECTION

Il est rappelé que la consistance de **cette épreuve de convenance** imposée par la norme **NF P95-103** est normalement fixée **par le marché** qui complète les différents contrôles avant, pendant ou après l'injection donnés par la norme **NF EN1504-10** et les dispositions du présent guide, si nécessaire. Elle est, au final, mise au point **dans la procédure d'injection.**
Il est rappelé que **le marché** peut imposer **un essai de convenance d'enlèvement des produits de cachetage.**

> Cette épreuve de convenance porte sur les cinq phases suivantes :

1. la préparation de l'opération ;
2. la préparation des fissures ;
3. la préparation des produits ;
4. la réalisation des injections ;
5. l'après réalisation des injections.

Dans certains cas, il n'est pas possible de décomposer l'injection en plusieurs périodes échelonnées dans le temps (par exemple, les fissures de flexion actives d'une travée d'une poutre continue en béton précontraint doivent être injectées en une seule phase). **Dans de tels cas, l'épreuve de convenance d'injection est séparée en deux parties :**

- les opérations 1, 2 et 3 sont effectuées normalement ;
- l'opération 4 est exécutée lors de l'injection des premières fissures et, si les résultats des contrôles sont satisfaisants, il est procédé à l'injection des autres fissures ;
- l'opération 5 est intégrée **aux contrôles d'exécution** après injection.

> Les contrôles lors de cette épreuve de convenance portent sur les points suivants :

- **Phase 1 de préparation de l'opération :** les contrôles à effectuer sont visés à l'article 6.4.3.1 relatif aux contrôles d'exécution lors de la préparation de l'opération d'injection.
- **Phase 2 de préparation des fissures :** les contrôles à effectuer sont visés à l'article 6.4.3.2 relatif aux contrôles d'exécution lors de la préparation des fissures.
- **Phase 3 de préparation des produits :** les contrôles à effectuer sont visés à l'article 6.4.3.3 relatif aux contrôles d'exécution lors de la préparation des produits.
- **Phase 4 de réalisation des injections :** les contrôles à effectuer sont visés à l'article 6.4.3.5 relatif aux contrôles d'exécution lors de la réalisation des injections.
- **Phase 5 après l'achèvement des injections :** les contrôles à effectuer sont visés à l'article 6.4.3.6 relatif aux contrôles d'exécution après l'injection.

6.4.1 GÉNÉRALITÉS

Les différents contrôles à effectuer lors de **travaux d'injection** sont imposés par la norme **NF P95-103** ; ils figurent **dans l'annexe A 9** de la norme **NF EN1504-10.** Dans le présent guide, ils ont été complétés en tant que de besoin.

Il est rappelé que la consistance **des contrôles d'exécution** est normalement fixée **par le marché** et **le plan de contrôle global** qui complètent les dispositions du présent **guide,** si nécessaire. Elle est, en final, mise au point **dans la procédure relative à l'opération** en tenant compte des enseignements fournis par l'interprétation de **l'épreuve de convenance.**

> Ces différents contrôles sont les mêmes que ceux effectués lors des différentes épreuves de convenance visées dans l'article 6.3 ci-dessus. Ils portent sur les points suivants :

- la préparation du support ;
- l'opération qui comporte cinq phases :
  1. la préparation de l'opération,
  2. la préparation des fissures,
  3. la préparation des produits,
  4. la réalisation des injections,
  5. l'après réalisation des injections.

Note : il est rappelé que les recommandations actuelles GT9R1F2 et futures GT9R1F3 de l'AFTES donnent des compléments d'information sur la consistance des contrôles concernant le traitement des arrêts d'eau.

6.4.2 CONTRÔLES D'EXÉCUTION LORS DE LA PRÉPARATION DU SUPPORT

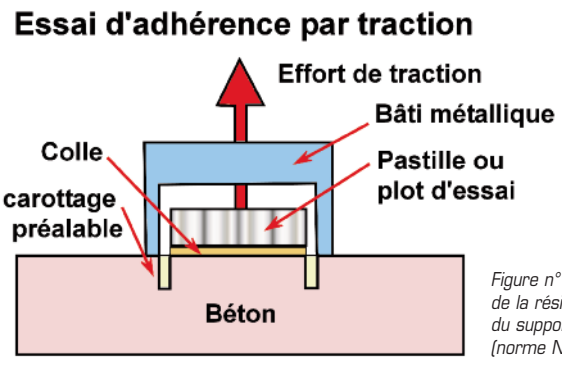


Figure n° 15 : principe de la mesure de la résistance à la traction directe du support en béton (norme NF EN1542)

> Les contrôles à effectuer lors de la préparation du support portent sur la liste non exhaustive de points suivants :

- la réalisation de **la préparation de l'opération,** qui porte sur la présence du personnel qualifié, des moyens d'accès, du matériel en état de fonctionnement, des produits retenus, de la procédure et des documents de suivi, etc. ;
- la disposition sur le chantier **du relevé contradictoire des défauts et des fissures,** des résultats des mesures qui ont été effectuées lors des études préalables nécessaires à la mise au point du projet (par exemple la résistance à la traction directe du béton support, le diagnostic de corrosion du béton armé, etc.) ;
- la réalisation **des réparations du support nécessaires** avant de procéder aux injections (nids de cailloux, traces de chocs, éclatements de béton dus à la corrosion d'armatures…),
- **l'état du support** conforme aux exigences et sa propreté (essai n°2) ainsi que celle des fissures (l'utilisation d'une loupe facilite ce contrôle) ;
- la mesure de **la résistance en traction directe du support** (essai n°5) adaptée de la norme **NF EN1542** (cette vérification est nécessaire s'il y a un doute sur la tenue des cachetages, si un renforcement par armatures passives collées est prévu, si un revêtement doit être mis en place après l'injection…). Le nombre minimal des essais est fixé par **le marché** ;
- la largeur et la profondeur des fissures (essai n°6), fonction des conditions thermiques et hygrométriques ; la mesure de la profondeur peut nécessiter un carottage si les fissures ne sont pas traversantes ;
- l'activité ou non des fissures sous les variations thermiques, le passage des charges (essai n°7) ;
- la teneur en eau du support (essai n°9 visuel ou de laboratoire) pour contrôler :
  - l'absence d'humidité dans les fissures si la notice technique du produit l'exige,
  - la présence d'humidité dans les fissures si cette humidité est nécessaire (produits à base de liants hydrauliques) ou simplement acceptable d'après la notice technique du produit ;
- la température du support (essai n°10) ;
- la contamination chimique des fissures (essai n°14) avec les mesures de la teneur en chlorures, en sulfates… ; la mesure du pH si la notice technique du produit d'injection ou de cachetage l'exige ;
- etc.

Note : les numéros des essais renvoient à ceux de **l'annexe A 9** (contrôle de la qualité) de la norme **NF EN1504-10.**

Note : si un revêtement de finition doit être mis en œuvre après les travaux de réparation, il appartient **au marché** de fixer les contrôles supplémentaires à effectuer lors de la préparation du support (se reporter à la norme **NF P95-103** et au **GUIDE FABEM 4**).

6.4.3 CONTRÔLES D'EXÉCUTION DE L'OPERATION D'INJECTION, DE SA PRÉPARATION À SON ACHÈVEMENT

> Ces contrôles d'exécution se déroulent en deux phases principales :

- la phase de préparation des fissures, qui dure souvent plusieurs jours ;
- la phase d'injection proprement dite, qui très souvent, doit se dérouler rapidement.

6.4.3.1 Contrôles d'exécution lors de la préparation de l'opération d'injection

> Les contrôles d'exécution lors de la préparation de l'opération d'injection portent sur les points suivants (les normes de référence ne traitent que partiellement de ces contrôles) :

- la présence et la prise de connaissance des documents nécessaires ;
- le constat de la réalisation des opérations préalables, telles que **la préparation du support ;**
- l'amenée et la mise en place **des moyens d'accès** qui doivent permettre d'accéder aux différentes parties de la structure où des fissures sont à injecter et ce en toute sécurité (l'intervention **du chargé des ouvrages provisoires (COP)** peut-être nécessaire ainsi que celle **du coordonnateur SPS) ;**
- la présence, le bon état et le bon fonctionnement des matériels nécessaires ;
- la présence et la conformité de tous les produits et systèmes nécessaires ;
- la présence et la compétence du personnel chargé de réaliser la préparation des fissures et ensuite l'injection ;
- les conditions de protection du personnel, en particulier en milieu confiné ;
- etc.

Photo n° 42 : chantier d'injection (crédit photo Parexlanko)

6.4.3.2 Contrôles d'exécution lors de la préparation des fissures

> Les contrôles d'exécution lors de la préparation des fissures portent sur les points suivants (les normes de référence ne traitent que partiellement de ces contrôles) :

- l'arrêt des venues d'eau éventuelles, si nécessaire ;
- la mise en place et l'espacement des évents ou la réalisation et l'implantation des forages conformément à la procédure d'injection ;
- la concordance entre le plan des fissures devant être injectées et la réalisation des cachetages ;
- le fonctionnement des évents et des injecteurs dans les essais à l'air ;
- la tenue du cachetage sous les effets du trafic et des variations thermiques dans le cas des fissures actives ;
- etc.

6.4.3.3 Contrôles d'exécution lors de la préparation des produits d'injection

> Les contrôles d'exécution lors de la préparation des produits portent sur les points suivants (les normes de référence ne traitent que partiellement de ces contrôles) :

- l'état et étalonnage des moyens de pesée dans le cas de produits fabriqués sur chantier ;
- l'adaptation de l'outil de mélange des composants (capacité, vitesse…) afin de minimiser l'inclusion de bulles d'air, l'échauffement du mélange, le temps de mélange ou de malaxage ;
- l'état de propreté et de fonctionnement du matériel nécessaire à la préparation des produits et à l'injection ;
- la température de l'eau ajoutée aux produits prêts à l'emploi à base de produits hydrauliques ;
- la température des différents composants des produits à préparer sur le chantier ;

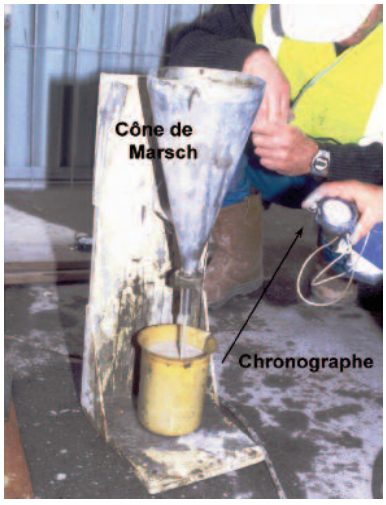


Photo n° 43 : mesure du temps d'écoulement (viscosité) d'un coulis d'injection au cône de March (crédit photo Parexlanko)

- la vérification que tous les composants nécessaires ont été introduits dans le récipient affecté au mélange, dans l'ordre et en respectant les quantités, conformément à la procédure d'injection (normalement, les produits prêts à l'emploi sont prédosés et la totalité de la charge du sac ou du pot doit être utilisée conformément à la fiche technique) ;
- le temps de mélange et la température du mélange final ;
- l'homogénéité du produit et de sa teinte ;
- la fluidité et l'exsudation des produits à base de liants hydrauliques, qui doivent rester dans les fourchettes fixées après **l'épreuve de convenance.** Le nombre des mesures à effectuer est fixé **au marché** et repris dans **la procédure d'injection** ;
- **la mesure "du temps d'utilisation réel"** du produit ou système d'injection si les conditions thermiques et hygrométriques sont nettement différentes de celles de **l'épreuve de convenance** ;
- etc.

6.4.3.4 Levée du point d'arrêt avant la réalisation des injections

> La levée du POINT D'ARRÊT par le maître d'œuvre conditionne la réalisation des injections. Cette levée impose que les opérations définies ci-après soient terminées et aient donné satisfaction :

- **l'épreuve de convenance de préparation du support ;**
- **l'épreuve de convenance d'injection** exécutée dans sa totalité ou partiellement si l'injection des premières fissures sert d'épreuve de convenance d'injection ;
- **l'épreuve de convenance d'enlèvement des produits de cachetage,** si prévue **au marché ;**
- **les contrôles d'exécution** relatifs à la préparation du support, de l'opération d'injection, des fissures et des produits d'injections visés dans les articles 6.4.2 et 6.4.3.1 à 6.4.3.3.
- à ceci s'ajoutent les mesures de la température et de humidité ambiantes, de la température du support, pour s'assurer de l'absence de risque de condensation néfaste pour les produits à base de liant polymère, du respect de la température minimale de mise en œuvre imposée par la notice technique, du risque de gel pour les produits à base de liants hydrauliques …

6.4.3.5 Contrôles d'exécution lors de la réalisation des injections

> Les contrôles d'exécution lors de la réalisation des injections portent sur les points suivants (les normes de référence ne traitent que partiellement de ces contrôles) :

- les conditions thermiques et hygrométriques en début d'injection et la température de la pièce à injecter. Ces conditions, suivant la nature des produits, jouent sur le **"temps d'utilisation"** ou le début de prise, la polymérisation ou le durcissement. Ces conditions sont à mesurer de nouveau en cas de changement de celles-ci au cours de l'opération d'injection (essais n°10, 21 et 22). Les mesures effectuées permettent de fixer "un temps d'utilisation" à respecter :

  - essai n°20 : marquage et étiquetage conforme à la norme **NF EN1504-8** ou **un certificat écrit,**
  - essai n° 21 : utilisation d'un thermomètre pour la mesure de la température ambiante à ±1°C,
  - essai n°22 : la mesure de l'humidité ambiante peut s'appuyer sur les essais visés par la norme **ISO4677-1** : Atmosphère de conditionnement ou d'essai – détermination de l'humidité relative – Partie 1 : méthode utilisant le psychomètre à aspiration et la norme **ISO4677-2** : Atmosphère de conditionnement ou d'essai – détermination de l'humidité relative – Partie 1 : méthode utilisant le psychomètre fronde,
  - **NF P18-810** : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits à base de résines synthétiques - Détermination de la Durée Pratique d'Utilisation (DPU),
  - **NF EN ISO9514** : Peintures et vernis – Détermination du délai maximal d'utilisation après mélange des systèmes de revêtements multicomposants – Préparation et conditionnement des échantillons et lignes directrices pour les essais (durée de vie en pot)[19];

[19] *Traite de la réalisation de l'essai mais ne donne pas forcément la norme à utiliser pour interpréter les résultats.*

- les précipitations (pluie…) avant, pendant et après l'injection (essai n°23) ;
- le remplissage progressif au niveau des évents ;
- l'absence de fuites, de baisse brutale de pression… c'est-à-dire des différents symptômes d'un incident d'injection ;
- la viscosité (norme **NF EN14117**) et l'exsudation (norme **NF EN445**) du mélange pour les produits à base de liants hydrauliques qui doivent rester dans les fourchettes fixées ;
- la viscosité (norme **NF EN ISO3219**) du mélange pour les produits à base de liants résineux qui doit rester dans les fourchettes fixées ;
- la durée des opérations ;
- le respect du **"temps d'utilisation fixé"** ;
- les quantités injectées (pesée du pot d'injection avant et après injection mais il est possible de disposer le pot d'injection sur une balance enregistreuse) ;
- etc.

Photo n° 44 : injection en cours, contrôle du remplissage des évents (crédit photo Freyssinet)

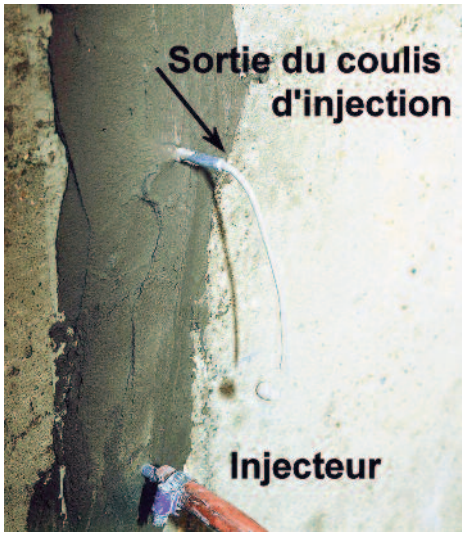


Photo n° 45 : contrôle de la sortie du coulis d'injection aux évents (crédit photo Parexlanko)

Rappel

Tout **incident d'injection** doit être traité conformément aux dispositions de **la procédure d'injection et une fiche d'anomalie** doit être ouverte.

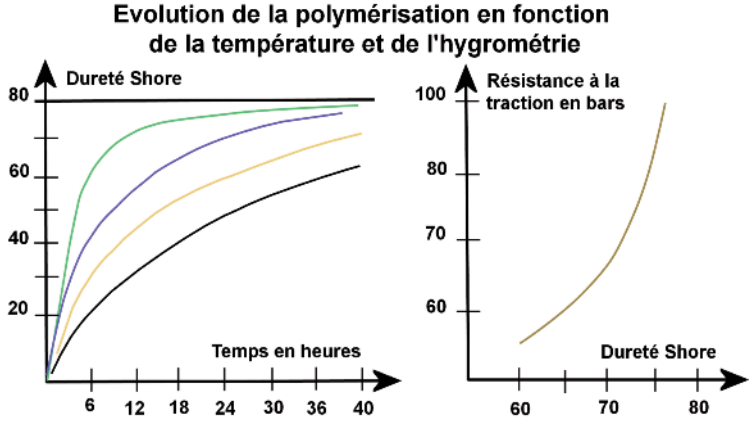


Figure n° 16 : courbes d'évolution de la polymérisation en fonction de la température et de l'hygrométrie de l'air

6.4.3.6 Contrôles d'exécution après injection

> Les contrôles d'exécution après l'achèvement des injections portent sur les points suivants (les normes de référence ne traitent que partiellement de ces contrôles) :

- l'évolution de **la dureté Shore D**[20] des produits à base de résines de synthèse sur prélèvements en coupelle d'au moins 25 cm² de surface et en couche mince d'au moins 6 mm d'épaisseur (mesurée, par exemple, à 24h et/ou 48 h, etc.) selon la norme **NF EN ISO868** applicable aux résines non chargées ou faiblement chargées (charges < 50 µm). Le prélèvement s'effectue dès la fin de confection du mélange. Cette mesure est accompagnée de mesures de la température du produit ;
- l'absence de fuites d'eau (cas des produits d'injection D et S, voire F), voire d'air si une mise en pression d'air est possible (conditions de réalisation à fixer **au marché**) ;
- la perméabilité à l'eau (essai n°32) qui peut se mesurer sur carotte par un essai de pénétration (norme **NF EN12390-8** : Essai pour béton durci – Partie 8 : profondeur de pénétration d'eau sous pression) ;
- l'évolution de la fluidité du mélange selon la norme **NF EN445** pour les produits à base de liants hydrauliques
- la détermination du temps de prise et de la stabilité des ciments selon la norme **NF EN196-3** ;
- la détermination du début et de la fin de prise des coulis à base de ciments selon la norme **XP P18-362** ;
- le contrôle visuel du remplissage après polymérisation et enlèvement du cachetage, qui peut être complété par un carottage et un contrôle par ultra-sons (norme **NF EN12504-1** : Essai pour béton dans les structures – Partie 1 : Carottes – prélèvements, examen et essai en compression et norme **NF EN12504-4** : Essai pour béton dans les structures – Partie 4 : Détermination de la vitesse de propagation du son [essai n° 33]) ;
- l'adhérence du matériau de remplissage des fissures (essai n°44). En l'absence d'essai spécifique, il est possible de réaliser des carottes à soumettre à un examen visuel et à un essai de compression (norme **NF EN12504-1** susvisée) ;
- la concordance entre le plan des fissures devant être injectées et celles réellement injectées ;
- le contrôle de l'enlèvement du cachetage et la reprise des épaufrures qui peuvent se produire. Le contrôle peut aussi porter sur la réalisation d'un revêtement d'aspect et/ou de protection, si cela est prévu **au marché** ;
- etc.

Photo n° 46 : contrôle de la dureté shore d'une résine d'injection (crédit photo Sétra)

[20] *Cette mesure ne figure pas dans* ***la norme NF EN1504-5,*** *elle doit être imposée par* ***le marché.***

> En complément, si cela est prévu au marché ou si des incidents ont eu lieu pendant l'injection ou si les contrôles révèlent des défauts d'injection, les contrôles complémentaires suivants peuvent être effectués :

- l'examen visuel du remplissage sur des carottes, qui comporte au minimum trois carottages d'un diamètre au moins égal à quatre fois celui du plus gros granulat pour chaque essai. Si le carottage peut être réalisé perpendiculairement au plan injecté, un essai de traction est à prévoir en sus de l'examen visuel. Le nombre minimal des essais est fixé par **le marché** ;
- l'auscultation sonique de surface (mesure de la vitesse du son) avant et après injection, qui doit permettre de s'assurer du remplissage de fissures sensiblement perpendiculaires à la face auscultée. Il s'agit d'une extension de la méthode **BS1881 part 203 de 1986,** qui permet de déterminer la profondeur d'une fissure par la mesure du temps de trajet de l'onde de compression depuis la surface. La mesure est délicate (consulter la thèse LCPC de G. Hévin de 1998) ;
- l'auscultation sonique par transparence (mesure de la vitesse du son) avant et après injection, qui permet de s'assurer du remplissage d'une fissure elle-même dans un plan sensiblement parallèle à deux faces en regard si ces faces sont accessibles et si leur distance peut être mesurée avec précision ;
- la technique de l'impact-écho[21] exécutée avant et après injection, qui devrait normalement permettre de s'assurer du remplissage d'une fissure dans un plan sensiblement parallèle à la surface de l'élément ausculté (des tests de faisabilité sont à effectuer lors de l'épreuve d'étude pour valider la technique de mesure) ;
- etc.

Note : il est rappelé que **le marché** doit fixer le nombre des essais à effectuer dans le cadre du contrôle normal (hors incidents en cours de travaux), l'organisme chargé de ces essais et de leur interprétation et les conditions d'interprétation des résultats. Si **le marché** impose que les essais soient à la charge de **l'entrepreneur**, ils sont intégrés à **la procédure d'injection.**

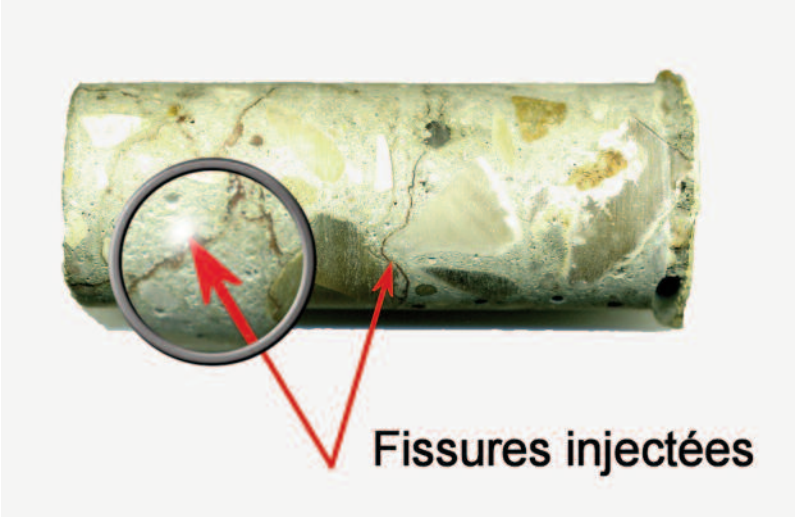


Photo n° 47 : carotte montrant l'efficacité d'une injection de fissures très fines (crédit photo Poineau)

[21] *La technique de l'impact-écho utilise des ondes mécaniques provoquées par un choc à la surface d'un élément et qui se réfléchissent sur le défaut.*

Les résultats des contrôles après injection doivent être satisfaisants. Ils sont pris en compte pour **la réception des travaux.** Ils constituent **un POINT D'ARRÊT.**

Remarques :

- les emplacements des carottages doivent être définis par **le bureau d'études** et acceptés par **le maître d'œuvre** ;
- **le recours aux différentes techniques susvisées** (auscultation sonique et impact-écho) impose que le mode opératoire et les conditions d'interprétation soient fixés. **L'entrepreneur** peut proposer dans son offre l'utilisation de telles techniques.
- **Il est rappelé que des contrôles complémentaires** sont à effectuer lorsque l'injection est intégrée dans un processus de réparation complexe comportant, par exemple, la mise en place de charges, la stabilisation des gradients thermiques, la mise en œuvre d'armatures de précontrainte. De tels contrôles sont exigés **par le marché.** Ils sont explicités dans le **GUIDE FABEM 8** traitant de la réparation par précontrainte additionnelle.

6.5 Réception des travaux

La réception des travaux, dans le cadre de la législation en vigueur (**le CCAG pour les travaux publics**), obéit aux exigences **du maître de l'ouvrage,** qui en fixe la consistance et le calendrier **dans le marché.**

À la fin des travaux, **l'entrepreneur** remet **au maître d'œuvre** l'ensemble des résultats des essais réalisés dans le cadre **du contrôle interne** ainsi que l'ensemble du documents du PAQ, même si **le marché** a prévu qu'une photocopie de ces documents soit remis **au maître d'œuvre** au fur et à mesure de l'exécution (solution fortement conseillée car elle facilite d'organisation du contrôle extérieur et la sauvegarde de sécurité des documents).

Les définitions des termes techniques figurent dans un glossaire entre les pages 56 et 67 de ce guide.

7 Hygiène et sécurité

7.1 Rappel des obligations
7.2 Cas particulier d'un chantier de traitement de fissures

7.1 Rappel des obligations

Note : le **GUIDE O** dans son chapitre : Prévention et sécurité, contient l'ensemble des mesures à mettre en œuvre sur les chantiers du BTP. Il a été réalisé en partenariat avec l'Organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics (OPPBTP).

Afin d'être le plus complet possible, de nombreux thèmes sont traités au travers de documents de cet organisme. Ces documents sont disponibles en sélectionnant l'adresse inscrite sous les titres des thèmes au moyen des touches Ctrl et clic gauche ou droit de la souris.

D'autres documents sur des thèmes non traités dans ce guide ou des documents complémentaires sont disponibles en ligne sur le site www.OPPBTP.fr ou www.preventionbtp.fr. Ils peuvent également être obtenus dans les comités régionaux ou au 25 avenue du Général Leclerc 92660 Boulogne-Billancourt.

L'entrepreneur doit s'assurer du respect de la législation du travail en matière d'hygiène et de sécurité.

Chaque intervenant à l'acte de construire est tenu, en ce qui le concerne, d'évaluer les risques professionnels et de définir les mesures de prévention à mettre en œuvre pour la réalisation des travaux et la maintenance de l'ouvrage.

Le Code du travail vise à conduire les employeurs à s'engager dans une démarche fondée sur la connaissance des risques, leur évaluation (l'employeur transcrit et met à jour dans un document unique, suivant **l'article R230-1** du Code du travail, les résultats de l'évaluation des risques et l'adaptation permanente des mesures de prévention pour assurer la sécurité et la santé des salariés sur la base des principes généraux de prévention suivants contenus dans l'article L. 230-2 du Code du travail) :

a. Éviter les risques ;

b. Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;

c. Combattre les risques à la source ;

d. Adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé ;

e. Tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;

f. Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;

g. Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail ;

h. Prendre les mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;

i. Donner les instructions appropriées aux travailleurs, des consignes qui visent les risques qui n'ont pas pu être éliminés lors du choix des techniques et méthodes de travail. À ce titre, elles doivent :

- informer le personnel des risques résiduels présentés par le travail,
- indiquer au personnel les mesures de sécurité à prendre,
- exiger éventuellement le port d'équipements de protection individuelle (ÉPI).

> Il est rappelé que :

- les exigences **du dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO)** doivent être prises en compte lors de la préparation et de la réalisation des travaux ;
- **le coordonnateur SPS,** avant tout début des travaux, doit demander les diagnostics amiante et plomb **au maître de l'ouvrage** ;
- l'arrêté du 14 décembre 2011, modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 (application de la directive européenne Seveso II) relatif à la prévention **des accidents majeurs** impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, peut s'appliquer lorsque les quantités de matières stockées dépassent les seuils fixés dans l'arrêté.

Figure n° 17 : pictogrammes CLP de la nouvelle réglementation sur l'étiquetage extrait d'un document INSROPPBTP (crédit photo INSOPPBTP)

7.2 Cas particulier d'un chantier de traitement de fissures

Le présent texte ne traite que des dispositions à mettre en œuvre pour assurer la protection des personnes lors de la réalisation des travaux. Il ne traite pas des installations de chantier ni des moyens d'accès (échafaudages, nacelles automotrices…) même si ces points sont évoqués dans le présent document. **Se reporter au GUIDE O qui traite de la prévention et de la sécurité du chantier de réparation et des textes de référence.**

Certains composants utilisés lors des travaux **sont toxiques** (diluants réactifs de résines époxydes, solvants, constituants des polyuréthannes, etc.), **corrosifs** (liants minéraux à base de silicates, ciments, liants organiques de nature basique, etc.) ou encore **inflammables** (solvants, etc.).

La fiche technique d'un matériel ou d'un produit **indique quelles sont les précautions à prendre** afin d'éviter des accidents, des intoxications. Les **précautions, à caractère général,** qui suivent sont applicables quelles que soient les méthodes de réparation mises en œuvre :

- toutes les substances dangereuses doivent être munies d'un étiquetage réglementaire conformément à **la réglementation en vigueur :**
  - **Classification ancienne** (coexistence avec le nouveau système jusqu'au 1er juin 2015) :
    - pour les produits : arrêté ministériel du 20 avril 1994 modifié transposant une directive européenne,
    - pour les préparations : arrêté du 9 novembre 2004 modifié.
  - **Classification nouvelle dite CLP** (classification, labelling and packaging) basée sur le règlement CE n°1272/2008 du 16 décembre 2008 :
    - pour les produits : en vigueur depuis le 20 janvier 2009,
    - pour les préparations : entrée en vigueur le 1er juin 2015 ;
- **la nouvelle classification comporte :**
  - 9 nouveaux pictogrammes de danger (SGH01 à SGH09 se reporter à la figure 17),
  - des mentions de danger (par exemple : H311 = toxique par contact cutané),
  - des conseils de prudence (exemple : P234 se laver soigneusement après manipulation) ;
- **le Plan Général de Coordination (PGC),** le chantier étant au moins de la catégorie 2, doit faire mention des risques liés à l'utilisation des différents produits, dont **les fiches de données de sécurité (FDS)** doivent être obligatoirement fournies ;
- les dispositifs de protection sont choisis en fonction des recommandations **des fiches de données de sécurité** ;
- dans les lieux confinés, **la protection est réalisée préférentiellement de façon collective** avec mise en place d'une ventilation forcée avec arrivée d'air frais non pollué et extraction des vapeurs dangereuses. De plus, des capteurs étalonnés sont à mettre en place pour suivre dans l'atmosphère du chantier les concentrations des divers produits nocifs utilisés ;
- dans les autres lieux ou lorsque la mise en œuvre d'une protection collective s'avère impossible, les intervenants doivent être munis d'un équipement de protection individuelle adaptée :
  - appareils respiratoires filtrants à ventilation assistée avec masques et demi-masques ou avec cagoules,
  - appareils isolants non autonomes à air libre ou à adduction d'air comprimé… ;
- à ces équipements de protection contre les vapeurs nocives, il faut ajouter des vêtements de protection jetables, des gants de protection et des lunettes contre les projections, etc. ;

- en cas d'utilisation de produits inflammables, ceux-ci sont mis en œuvre en respectant scrupuleusement les précautions d'emploi pour éviter tout risque d'incendie ;
- le personnel doit être informé et sensibilisé aux risques liés à l'utilisation de certains produits et aux mesures de protection à prendre individuellement et/ou collectivement ;
- le médecin du travail doit être informé que les salariés sont exposés à certains produits afin qu'il puisse assurer **une surveillance médicale renforcée (SMR)** ;
- etc.

> Des précautions particulières sont à appliquer au cours de certaines opérations. Par exemple :

- la préparation du support béton nécessite de tenir compte :
  - des poussières et des projections lors d'un « sablage » à sec,
  - des projections, du bruit et du jet d'eau lors d'un décapage à l'eau sous haute pression…

L'entrepreneur doit organiser son chantier de façon à protéger les personnes collectivement ou, si cela est impossible, individuellement.

Photo n° 48 : équipements de protection individuelle (crédit photo Poineau)

8

Gestion des déchets du chantier

8.1 Rappel des obligations
8.2 Cas particulier d'un chantier de traitement de fissures

Le livre V de la partie réglementaire du Code de l'Environnement donne la liste des déchets. Certains d'entre eux sont **considérés comme dangereux** (marqués par un astérisque) s'ils contiennent **des concentrations** (pourcentage en poids) **suffisantes de certaines substances.**

> L'élimination des déchets comporte deux filières :

- l'élimination proprement dite dans des installations d'élimination des déchets par mise en décharge ou par incinération ;
- la valorisation des déchets par tri, recyclage et réutilisation, soit sur place, soit hors du chantier, soit en centre spécialisé.

> L'élimination des trois catégories de déchets :

- **cas des déchets de classe I (les déchets industriels spéciaux ou DIS, dangereux) :**
  - **les DIS** sont éliminés dans des installations, soit de stockage, soit d'incinération autorisées,
  - ils sont soumis à **une traçabilité** de leur origine à leur destination au moyen **d'un bordereau de suivi des déchets industriels (BSDI),**
  - ils doivent recevoir **un certificat d'acceptation préalable du gestionnaire de l'installation d'élimination des déchets** avant de pouvoir être déposés dans celle-ci,
  - **ils sont contrôlés** lors de leur admission dans l'installation d'élimination des déchets afin de vérifier s'ils sont bien conformes **aux déchets autorisés** dans cette installation ;
- **cas des déchets de classe II (déchets industriels banals ou DIB) :**
  - les déchets d'emballages industriels ou commerciaux peuvent être soumis à **l'obligation de valorisation** si les quantités de déchets produites sont importantes (>1 100 litres / semaine),
  - les autres déchets **DIB,** s'ils ne sont pas valorisés, sont éliminés dans des installations, soit de stockage, soit d'incinération autorisées ;
- **cas des déchets de classe III (les déchets industriels inertes) :**
  - les déchets industriels de classe III, **s'ils ne sont pas valorisés,** sont stockés dans une décharge de classe III autorisée.

Un chantier est considéré comme **une installation classée** s'il peut présenter des dangers ou des inconvénients pour la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publique, l'agriculture, la protection de la nature et de l'environnement. Cette installation est alors soumise **à autorisation ou déclaration** suivant la gravité des dangers ou des inconvénients qu'elle présente.

Les contraintes sont imposées par des lois et décrets qui sont regroupés dans **le Code de l'Environnement**[22].

> Les principales précautions et protections à prendre vis-à-vis de l'environnement concernent :

- les tiers, les ouvrages et d'une façon générale le site ;
- le respect de la réglementation en matière de déchets solides ou liquides de chantier ;
- le respect de la réglementation concernant le bruit ;
- les risques d'incendie,
- etc.

[22] *Consulter le site : www.legifrance.gouv.fr.*

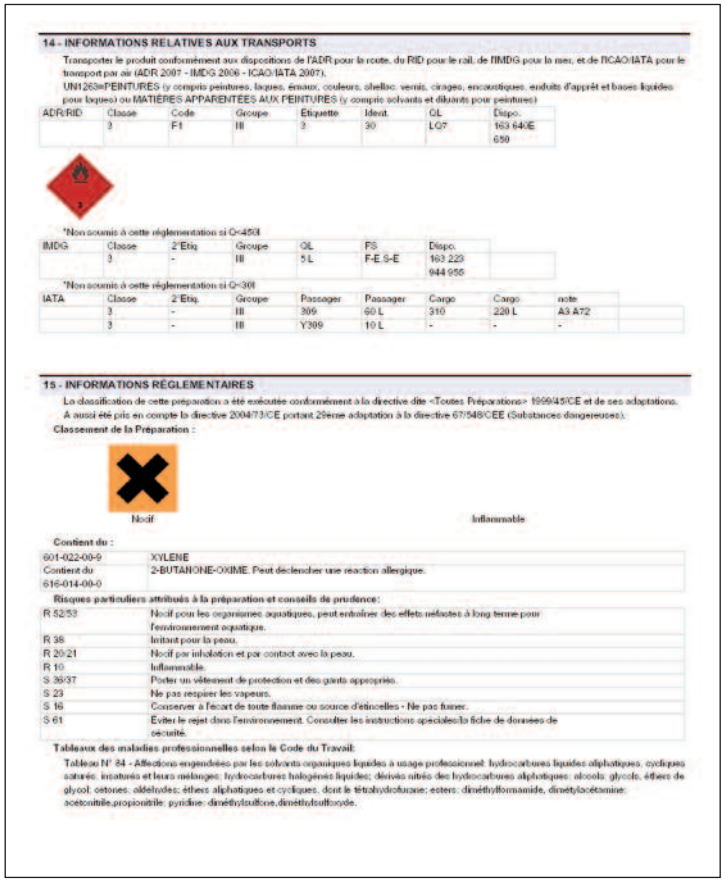
> Le maître de l'ouvrage rédige la notice de respect de l'environnement (NRE), intégrée aux pièces écrites du marché, qui fixe les responsabilités et les exigences en matière d'environnement. Cette notice précise :

- dans une synthèse, les contraintes environnementales et les sites où ces mesures doivent s'appliquer ;
- la nature des démarches administratives devant être assurées par **le maître de l'ouvrage, le maître d'œuvre** ou **l'entrepreneur** ;
- les exigences en matière de management et de suivi de l'environnement.

L'entrepreneur organise le chantier et prend toutes les précautions particulières de façon à limiter tous les risques de pollution de l'environnement lors de l'exécution des travaux.

L'entrepreneur doit gérer les produits ainsi que les déchets générés par l'utilisation de ces produits conformément à **la législation en vigueur** en tenant compte des dispositions **du marché** et de **la NRE** susvisée.

L'entrepreneur doit demander avant tout début des travaux **les autorisations nécessaires de démarrage des travaux et les certificats d'acceptation préalable pour les déchets dangereux (DIS).** Il doit tenir compte des sujétions liées à la récupération, au transport et au traitement de tous les déchets générés par les travaux.



14 - INFORMATIONS RELATIVES AUX TRANSPORTS

Transporter le produit conformément aux dispositions de l'ADR pour la route, du RID pour le rail, de l'IMDG pour la mer, et de l'ICAO/IATA pour le transport par air (ADR 2007 - IMDG 2006 - ICAO/IATA 2007).

UN1263=PEINTURES (y compris peintures, laques, émaux, couleurs, sitellac, vernis, cirages, encaustiques, enduits d'apprêt et bases liquides pour laques) ou MATIÈRES APPARENTÉES AUX PEINTURES (y compris solvants et diluants pour peintures)

ADR/RID	Classe	Code	Groupe	Étiquette	Identi.	QL	Dispo.
	3	F1	III	3	30	LQ7	163 640E 650

*Non soumis à cette réglementation si Q<450l

IMDG	Classe	2°Etiq.	Groupe	QL	FS	Dispo.
	3	-	III	5 L	F-E,S-E	163 223 944 955

*Non soumis à cette réglementation si Q<30l

IATA	Classe	2°Etiq.	Groupe	Passager	Passager	Cargo	Cargo	note
	3	-	III	309	60 L	310	220 L	A3 A72
	3	-	III	Y309	10 L	-	-	-

15 - INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

La classification de cette préparation a été exécutée conformément à la directive dite «Toutes Préparations» 1999/45/CE et de ses adaptations. A aussi été pris en compte la directive 2004/73/CE portant 29ème adaptation à la directive 67/548/CEE (Substances dangereuses).

Classement de la Préparation :

Nocif — Inflammable

Contient du :

601-022-00-9	XYLENE
Contient du 616-014-00-0	2-BUTANONE-OXIME. Peut déclencher une réaction allergique.

Risques particuliers attribués à la préparation et conseils de prudence:

R 52/53	Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
R 38	Irritant pour la peau.
R 20/21	Nocif par inhalation et par contact avec la peau.
R 10	Inflammable.
S 36/37	Porter un vêtement de protection et des gants appropriés.
S 23	Ne pas respirer les vapeurs.
S 16	Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles - Ne pas fumer.
S 61	Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.

Tableaux des maladies professionnelles selon le Code du Travail:

Tableau N° 84 - Affections engendrées par les solvants organiques liquides à usage professionnel: hydrocarbures liquides aliphatiques, cycliques saturés, insaturés et leurs mélanges; hydrocarbures halogénés liquides; dérivés nitrés des hydrocarbures aliphatiques; alcools; glycols; éthers de glycol; cétones; aldéhydes; éthers aliphatiques et cycliques, dont le tétrahydrofuranne; esters; diméthylformamide, diméthylacétamine; acétonitrile,propionitrile; pyridine; diméthylsulfone, diméthylsulfoxyde.

Figure n° 18 : extrait d'une fiche de données de sécurité (FDS) de la société Parexlanko (crédit photo Parexlanko)

8.2 Cas particulier d'un chantier de traitement de fissures

Certains composants utilisés lors des travaux de traitement de fissures **sont toxiques** (diluants réactifs de résines époxydes, solvants, constituants des polyuréthannes, etc.), **corrosifs** (liants minéraux à base de silicates, ciments, liants organiques de nature basique, etc.) ou encore **inflammables** (solvants, etc.). Ils peuvent donc être considérés comme dangereux et relever de la catégorie **des déchets industriels spéciaux (DIS).**

Même lorsque cela n'est pas imposé par la réglementation, **un maître de l'ouvrage** a intérêt à évaluer les types de déchets que l'ensemble des opérations de réparation ou de renforcement de son ouvrage (par exemple, celle de traitement de fissures) va générer, sachant que certains des déchets peuvent provenir de l'ouvrage existant (produits de démolition) et d'autres des travaux. Cela peut permettre :

- d'une part, d'éviter des surprises désagréables en cours de travaux, comme la découverte de produits amiantés ;
- d'autre part, aux clauses **du marché,** de prendre en compte la gestion des déchets et, si possible, de **leur valorisation** sous forme de clauses environnementales. De telles clauses sont autorisées par **le Code des Marchés Publics.**

Il faut noter, qu'en matière **d'hygiène et de sécurité,** les normes de produits ne traitent que de généralités et de principes. Les normes de la série **NF P95-1**** renvoient à l'étiquetage et celles de la série **NF EN1504-**** à l'avertissement **de l'article ZA1 de l'annexe ZA,** qui renvoie au **site EUROPA**[23]**.**

L'entrepreneur, lors **du choix des produits,** se doit de proposer **au maître d'œuvre,** parmi ceux utilisables, c'est-à-dire ayant la même efficacité globale (propriétés mécaniques et chimiques, facilité de mise en œuvre et coût), ceux qui sont **les moins dangereux pour la santé du personnel qui les utilise et qui sont les moins polluants** pour l'environnement.

L'entrepreneur se doit d'organiser son chantier pour faciliter le tri des déchets. En effet, par exemple, le mélange de déchets de catégories différentes peut conduire **à classer la totalité des déchets en DIS,** dont le coût de traitement est très supérieur à celui des deux autres catégories.

> Il est donc nécessaire de bien identifier les méthodes et les techniques utilisées lors de travaux de réparation et/ou de renforcement structural qui génèrent des volumes de déchets appartenant aux trois classes. Il convient de citer :

- **les techniques de préparation du support qui génèrent :**
  - des déchets de diverses classes lors de l'enlèvement des revêtements existants,
  - des mélanges de matériaux, les uns issus de la structure (débris de béton, poussières…) et les autres de la technique utilisée (par exemples, des abrasifs minéraux ou métalliques lors d'un « sablage » à sec ou de l'eau chargée de débris lors d'une hydrodémolition) ;
- **les injections à l'aide de produits à base de résines de synthèses,** qui peuvent générer **des DIS** (il faut distinguer, d'une part, les composants [base et durcisseur] et, d'autre part, le mélange après polymérisation).

[23] *http://europa.eu.int/comm/enterprise/construction/internal/dangsub/dangmain.htm.*

9

Fiche synthétique du PAQ

La réalisation de travaux de traitement de fissures comporte plusieurs opérations enchaînées les unes aux autres. Chaque opération peut faire l'objet **d'une procédure et d'un cadre de document de suivi.** Tous ces différents documents peuvent être regroupés dans **une procédure principale** (par exemple, la procédure d'injection) et **un cadre de document de suivi principal.**

> Il est rappelé que le marché fixe, en s'inspirant des dispositions du présent guide :

- les stipulations (prescriptions de moyens et spécifications de produits) à respecter ainsi que la consistance des essais et contrôles. Ces obligations sont reprises dans les procédures et les cadres des documents de suivi ;
- ce qui relève des contrôles interne, extérieur, voire externe ;
- un cadre de **PAQ** avec la liste minimale **des procédures et des cadres de documents de suivi** à fournir ;
- le calendrier et les conditions de présentation au **maître d'œuvre** des différents documents constituants **le SOPAQ et le PAQ** au fur et à mesure du déroulement de l'opération chantier (de la remise des offres à la signature du marché et de la période de préparation des travaux à leur réception)[24].

La présente fiche, qui tient compte des stipulations **du présent guide** est une adaptation de **la fiche relative au traitement des fissures du guide 2000 du STRRES** relative à la rédaction **d'un Plan d'Assurance de la Qualité (PAQ).**

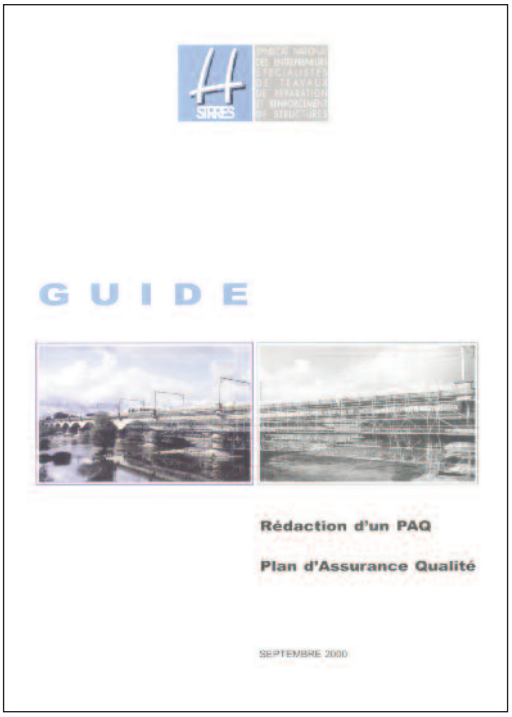


Figure n° 18 : Guide du STRRES 2000.

Il est également possible de consulter, d'une part, **le guide de décembre 1991, Sétra, SNCF, TP de France et SNBATI : Mise en œuvre des Plans d'Assurance de la Qualité – Exécution des ouvrages en béton armé et précontraint (non mis à jour)** et, d'autre part, **le fascicule 65 du CCTG.**

[24] *Le schéma de l'assurance qualité sur le chantier de la page 13 du guide de 2000 du STRRES donne dans le détail* ***les actions qualité à entreprendre et le calendrier à respecter.***

TRAITEMENT DE FISSURES PAR INJECTION Points sensibles, critiques et d'arrêts

Rep	Description des phases d'exécution	Intervention du contrôle interne			Intervention du contrôle externe à l'entreprise (1)	Intervention du contrôle extérieur (2)
		Points sensibles (3)	Points critiques (4)	Points d'arrêts (5)		
1	**PAQ** pendant le période de préparation des travaux : mise au point **du document d'organisation générale** et établissement des documents suivants : **- les procédures d'exécution ;** **- les cadres des documents de suivi**		Oui			Oui
2	**PAQ,** avant toute réalisation d'une opération : mise au point **des procédures d'exécution** et **des cadres des documents de suivi** correspondants		Oui	**Oui**		Oui
3	**PAQ,** pendant la réalisation d'une opération : respect **des procédures,** renseignement **des documents de suivi** et information **du maître d'œuvre (6)**		Oui			Oui
4	**Choix des produits et des matériels**					
	La consultation fixe la famille du produit et les caractéristiques à respecter, voire une technique d'exécution - L'entrepreneur propose une ou des solutions - le marché entérine la ou les solutions (7)					
	Une épreuve d'étude des produits peut-être nécessaire pour choisir les produits (8)		Oui	**Oui**		Oui
5	**Contrôle et réception des produits**					
	Transport, réception et stockage		Oui	**Oui**		Oui
	Essais d'identification rapide et/ou contrôle des caractères normalisés		Oui	**Oui**		Oui
6	**Relevé contradictoire de l'état du support**		Oui			Oui
7	**Épreuve de convenance de préparation du support**		Oui			Oui
8	**Épreuve de convenance d'une opération d'injection (9)**					
	Préparation générale de l'épreuve de convenance (documents nécessaires et organisation de l'ensemble de l'opération)		Oui			Oui
	Préparation des fissures		Oui			Oui
	Préparation des produits		Oui			Oui
	Réalisation de l'épreuve d'injection		Oui			Oui
	Après réalisation de l'épreuve		Oui			Oui
9	**Contrôles d'exécution d'une opération d'injection**					
	Préparation du support		Oui			Oui
	Préparation de l'opération		Oui			Oui
	Préparation des fissures		Oui			Oui
	Préparation des produits		Oui			Oui
	Lever du point d'arrêt avant travaux		Oui	**Oui**		Oui
	Réalisation de l'opération d'injection		Oui			Oui
	Après réalisation de l'opération		Oui	**Oui**		Oui
10	**Réception des travaux**					
	Remise des résultats des essais		Oui			Oui
	PAQ : remise au **maître d'œuvre** de l'ensemble des documents originaux constituants le PAQ		Oui	**Oui**		Oui
	Vérifications diverses					Oui

Tableau n° 6 : liste des points sensibles, critiques et d'arrêt lors d'une opération d'injection de fissures

(1) il s'agit d'une surveillance et d'une assistance **au contrôle interne** effectuée par **un représentant indépendant de la direction du chantier.** Il doit être prévu **au marché.**

(2) il s'agit **du maître d'œuvre du maître de l'ouvrage** ou **d'un organisme habilité par lui** (laboratoire ou bureau d'études).

(3) un **point sensible** est un point de l'exécution qui doit particulièrement retenir l'attention. Dans le présent tableau, l'ensemble des points sensibles n'a pas été développé.

(4) un **point critique** est un point de l'exécution qui nécessite **une matérialisation du contrôle interne** sur **un document de suivi d'exécution** ainsi qu'**une information préalable du contrôle extérieur** pour que ce dernier puisse effectuer son contrôle s'il le juge nécessaire. L'intervention **du contrôle extérieur** n'est pas indispensable à la poursuite de l'exécution.

(5) **un point d'arrêt** est **un point critique** pour lequel **un accord formel du maître d'œuvre** (ou d'un organisme habilité par lui) est nécessaire à la poursuite de l'exécution. Les délais de préavis et les délais de réponse **du maître d'œuvre** sont fixés dans **le marché,** ainsi que les dispositions à prendre à l'issue du délai de réponse en l'absence de réaction **du maître d'œuvre** (situation très anormale). **Les points d'arrêt doivent être prévus au marché.**

(6) **le marché peut prévoir** qu'un double (photocopie) **des documents de suivi renseignés** soit remis **au maître d'œuvre** au fur et à mesure du déroulement des travaux (une facilité pour le contrôle extérieur). Il est rappelé que l'ensemble **des documents originaux constituants le PAQ** doit être remis au maître d'œuvre au moment de **la réception des travaux.**

(7) **ce point** recouvre les périodes de préparation du projet de consultation des entreprises, de jugement des offres, de mise au point et de signature du marché.

(8) si cette épreuve est prévue **au marché.**

(9) **l'épreuve de convenance d'une opération d'injection peut prendre deux formes :**
- soit être totalement indépendante des contrôles d'exécution des travaux ;
- soit être partiellement intégrée à ces contrôles (se reporter à l'article 6.3.3 ci-dessus).

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

FIGURE N° 1 : LES TROIS INTERVENANTS
FIGURE N° 2 : LES DIFFERENTS TRAITEMENTS DES FISSURES
FIGURE N° 3 : PREPARATION D'UNE OPERATION DE REPARATION
FIGURE N° 4 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE POUR PRODUITS BICOMPOSANTS
FIGURE N° 5 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN POT A PRESSION
FIGURE N° 6 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN RESERVOIR A SIMPLE PRESSION GRAVITAIRE
FIGURE N° 7 : DIFFERENTS MODELES D'INJECTEURS FORES
FIGURE N° 8 : EXTRAIT D'UN PLAN DE FISSURATION
FIGURE N° 9 : DETAIL DE MISE EN PLACE D'EVENTS COLLES
FIGURE N° 10 : PRINCIPE D'INJECTION AVEC DES INJECTEURS FORES
FIGURE N° 11 : PRINCIPE DE CONFINEMENT DES ZONES A INJECTER
FIGURE N° 12 : PRINCIPE DE LA COMPARAISON ENTRE LES DEFORMATIONS MESUREES ET CELLES CALCULEES
FIGURE N° 13 : EXEMPLE D'INJECTION PAR L'EVENT LE PLUS BAS
FIGURE N° 14 : RECEPTION PAR LE CONTROLEUR DES PRODUITS DE REPARATION
FIGURE N° 15 : PRINCIPE DE LA MESURE DE LA RESISTANCE A LA TRACTION DIRECTE DU SUPPORT EN BETON (NORME NF EN1542)
FIGURE N° 16 : COURBES D'EVOLUTION DE LA POLYMERISATION EN FONCTION DE LA TEMPERATURE ET DE L'HYGROMETRIE DE L'AIR
FIGURE N° 17 : PICTOGRAMMES CLP DE LA NOUVELLE REGLEMENTATION SUR L'ETIQUETAGE EXTRAIT D'UN DOCUMENT INSROPPBTP (CREDIT PHOTO INSOPPBTP)
FIGURE N° 18 : EXTRAIT D'UNE FICHE DE DONNEES DE SECURITE (FDS) DE LA SOCIETE PAREXLANKO (CREDIT PHOTO PAREXLANKO)
FIGURE N° 19 : GUIDE DU STRRES 2000

PHOTOGRAPHIES

PHOTO N° 1 : FISSURES CARACTERISTIQUES DES CASSURES DITES DU BETON FRAIS (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 2 : FISSURE DUE A UNE INSUFFISANCE DE RESISTANCE A LA FLEXION D'UNE POUTRE EN BETON PRECONTRAINT (CREDIT PHOTO LRPC D'AIX-EN-PROVENCE)
PHOTO N° 3 : FISSURATION DUE A UNE ALCALI-REACTION DU PIEDROIT D'UNE CULEE (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 4: INJECTION DE FISSURES AU PONT DE CHALONS-EN-CHAMPAGNE (CREDIT PHOTO SETRA)
PHOTO N° 5 : CALFEUTREMENT DE FISSURES A L'AIDE D'UN MORTIER A BASE DE LIANTS HYDRAULIQUES (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 6 : CALFEUTREMENT D'UNE FISSURE A L'AIDE D'UN MASTIC A BASE DE LIANTS ORGANIQUES (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 7 : PONTAGE D'UNE FISSURE AVEC INCORPORATION D'UNE ARMATURE (D'APRES UN DOCUMENT SIKA RELATIF AU SIKATOP107 – CREDIT PHOTO SIKA)
PHOTO N° 8 : DEUX PRODUITS D'INJECTION A BASE DE RESINES EPOXYDES EN POTS AVEC BASE ET DURCISSEUR (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 9 : FISSURE EN COURS DE CACHETAGE (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 10 : ETIQUETAGE D'UN POT DE RESINE ET D'UN POT DE DURCISSEUR (CREDIT PHOTO SETRA)

PHOTO N° 11 : DEBUT DU MELANGE RESINE ET DURCISSEUR (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 12 : FIN DU MALAXAGE DE LA RESINE ET DU DURCISSEUR (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 13 : MALAXAGE D'UN COULIS POUR INJECTION A BASE DE LIANTS HYDRAULIQUES (CREDIT PHOTO PAREXLANKO)
PHOTO N° 14 : UTILISATION D'UN PISTOLET INJECTEUR (D'APRES UN DOCUMENT DU PROCEDE CONCRESIVE MBT) (CREDIT PHOTO MBT)
PHOTO N° 15 : POT A PRESSION ET FLEXIBLE D'INJECTION (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 16 : PISTOLET MANUEL D'INJECTION (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 17 : REMPLISSAGE D'UN RESERVOIR A SIMPLE PRESSION GRAVITAIRE (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 18 : FLEXIBLE TRANSPARENT ET T DE CONNEXION (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 19 : INJECTEUR PLAT OU CAVALIER (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 20 : AUTRES TYPES D'INJECTEURS COLLES (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 21 : MISE EN PLACE D'INJECTEURS DANS DES TROUS FORES (CREDIT PHOTO PAREXLANKO)
PHOTO N° 22 : DEPOT DE CALCITE LE LONG D'UNE FISSURE (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 23 : MESURE DE L'OUVERTURE APPARENTE D'UNE FISSURE AU MOYEN D'UN COMPTE-FILS (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 24 : UTILISATION D'UN FISSUROMETRE SAUGNAC (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 25 : FISSURE ENGENDREE PAR LA CORROSION D'UNE ARMATURE DE BA (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 26 : FISSURES DUES A UNE REACTION ALCALI-REACTION (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 27 : FISSURE MASQUEE LOCALEMENT PAR UNE BALEVRE (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 28 : NETTOYAGE D'UNE FISSURE AVEC UNE BROSSE METALLIQUE (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 29 : MATERIEL NECESSAIRE AU NETTOYAGE DES FISSURES ET A LEUR CACHETAGE (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 30 : PREPARATION DU MATERIEL ET DES PRODUITS NECESSAIRES A UNE INJECTION (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 31 : FISSURE EN FORME DE « V » OUVERTE MAIS DE FAIBLE PROFONDEUR (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 32 : CACHETAGE EN BANDE ET LISSE (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 33 : ENCOLLAGE AVANT MISE EN PLACE DES EVENTS COLLES (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 34 : OPERATION D'INJECTION AVEC DES INJECTEURS FORES (CREDIT PHOTO PAREXLANKO)
PHOTO N° 35 : IMPLANTATION DE JAUGES ET DE CAPTEUR POUR CONTROLER UNE FISSURE ACTIVE (CREDIT PHOTO LRPC)
PHOTO N° 36 : INJECTION DE NUIT AU PONT SUR L'ARVE II (CREDIT PHOTO CÉTÉ DE LYON)
PHOTO N° 37 : LE PRODUIT A EST VERSE AVEC SOIN ET EN TOTALITE DANS LE POT DE PRODUIT B (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 38 : MELANGE AU MALAXEUR DE LA RESINE ET DU DURCISSEUR (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 39 : EXEMPLE D'INJECTION PAR GROUPE D'EVENTS (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 40 : FUITES DE RESINE D'INJECTION (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 41 : LA PRESENCE D'EAU REND LES TRAVAUX DIFFICILES (CREDIT PHOTO PAREXLANKO)
PHOTO N° 42 : CHANTIER D'INJECTION (CREDIT PHOTO PAREXLANKO)
PHOTO N° 43 : MESURE DU TEMPS D'ECOULEMENT (VISCOSITE) D'UN COULIS D'INJECTION AU CONE DE MARCH (CREDIT PHOTO PAREXLANKO)
PHOTO N° 44 : INJECTION EN COURS, CONTROLE DU REMPLISSAGE DES EVENTS (CREDIT PHOTO FREYSSINET)
PHOTO N° 45 : CONTROLE DE LA SORTIE DU COULIS D'INJECTION AUX EVENTS (CREDIT PHOTO PAREXLANKO)
PHOTO N° 46 : CONTROLE DE LA DURETE SHORE D'UNE RESINE D'INJECTION (CREDIT PHOTO SETRA)
PHOTO N° 47 : CAROTTE MONTRANT L'EFFICACITE D'UNE INJECTION DE FISSURES TRES FINES (CREDIT PHOTO POINEAU)
PHOTO N° 48 : EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE (CREDIT PHOTO POINEAU)

TABLEAUX

TABLEAU N° 1 : PRINCIPALES MODIFICATIONS APPORTEES AU GUIDE FABEM 3 DE 2007
TABLEAU N° 1 : EXTRAIT PARTIEL DU TABLEAU N°1 DE LA NORME NF EN1504-9 RELATIF AUX METHODES DE TRAITEMENT DES FISSURES (TABLEAU TIRE DE LA NORME NF P95-103)
TABLEAU N° 3 : EXTRAIT DE L'ANNEXE B DE LA NORME NF P95-103 (TABLEAU MIS AU POINT A PARTIR DU TABLEAU 2 DU GUIDE FABEM 3 DE 2007)
TABLEAU N° 4 : (ISSU DE LA NORME NF P95-103)
TABLEAU N° 5 : LES PRINCIPAUX PRODUITS ET SYSTEMES D'INJECTION AVEC LEURS AVANTAGES ET INCONVENIENTS
TABLEAU N° 6 : LISTE DES POINTS SENSIBLES, CRITIQUES ET D'ARRET LORS D'UNE OPERATION D'INJECTION DE FISSURES

Traitements **des fissures**
Par injection

Annexe

1 Les normes
2 Fascicules du CCTG et DTU
3 Guides et documents techniques
4 Documents et textes divers

Quelques-unes des normes nécessaires pour la rédaction des guides du STRRES.

> **Avertissement sur la validité des normes : une norme fait appel pour son application à des documents de référence. Si ceux-ci sont :**

- datés, seule l'édition citée s'applique ;
- non datés, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

1.1 GÉNÉRALITÉS

RÉGLEMENTATION EUROPÉENNE DES PRODUITS DE CONSTRUCTION :

Le site de la Directive Produits de Construction est consultable en tapant l'adresse : www.dpcnet.org.

> **Ce site donne les textes des différents documents européens parus et la liste des documents à paraître :**

- différentes directives ;
- mandats CEN ;
- mandats EOTA ;
- arrêtés ;
- avis ;
- normes harmonisées ;
- guides d'agrément technique européen ;
- projets de normes et d'agréments techniques ;
- une foire aux questions (FAQ)…

L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION :

SITE DE L'AFNOR : pour se rendre sur le portail de l'AFNOR taper : « **wwww.boutique.afnor.org** ». Ensuite, il est possible de rechercher une norme, soit par son intitulé, soit par divers critères à l'aide du moteur de recherche du site.

Attention, le texte de la norme n'est pas consultable : on trouve, au mieux, le titre, l'objet de la norme et son sommaire. De plus, si la norme a été supprimée, la recherche ne peut aboutir, il faut appeler **l'AFNOR** par téléphone.

Remarque : L'AFNOR attribue aux normes nationales un **indice de classement** dont le numéro est le même que celui de la norme (par exemple, la norme NF T30-800 a pour indice de classement T30-800). Il n'en est pas de même pour les normes européennes ou internationales homologuées en normes françaises (par exemple, la norme NF EN1504-10 a pour indice de classement P18-901-10).

Le moteur de recherche donne aussi accès **aux règlements** des différentes **marques NF** (par exemple, la marque NF relative aux produits spéciaux utilisés en réparation) ainsi qu'à la liste des produits admis à la marque et à celle de leurs fabricants.

1.2 NORMES ET DOCUMENTS CONNEXES RELATIFS À LA PROTECTION ET À LA RÉPARATION DES STRUCTURES EN BÉTON

1.2.1 INCIDENCES DE LA NORMALISATION EUROPEENNE

L'état d'avancement incomplet de **la normalisation européenne sur les produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton** ne permet pas encore actuellement d'y faire totalement référence. Cependant, **les normes européennes** de la série **NF EN1504-**** se sont substituées en **grande en partie**[25], aux normes françaises de la série **P18-8**** en vigueur. Il en a été tenu compte et elles figurent dans les tableaux ci-après avec l'échéancier correspondant.

Normalement, depuis le 1er janvier 2009, les produits visés par les normes **NF EN1504-2 à 5** doivent être marqués CE. Ceux qui relèvent des normes **NF EN1504-6 et 7** doivent l'être depuis 2010.

1.2.2 NORMES EUROPEENNES DE LA SERIE 1504-**

> Les normes européennes de la série 1504- qui sont transposées en normes française comprennent :**

- **Une norme consacrée aux définitions :**
  - **NF EN1504-1 :** Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 1 : Définitions ;
- **Six normes produits et systèmes :**
  - **NF EN1504-2 :** Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 2 : systèmes de protection de surface pour le béton,
  - **NF EN1504-3 :** Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 3 : réparation structurale et non structurale,
  - **NF EN1504-4 :** Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 4 : collage structural,

25 *Par exemple, la norme NF EN 1504-6 ne traite pas des produits de calage. Les normes XP P18-821 et XP P18-822 qui viennent d'être révisées sont applicables.*

- **NF EN1504-5 :** Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 5 : produits et systèmes d'injection du béton,
- **NF EN1504-6 :** Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 6 : ancrage de barres d'acier d'armatures,
- **NF EN1504-7 :** Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 7 : protection contre la corrosion des armatures ;

■ Une norme consacrée aux contrôles en usine :

- **NF EN1504-8 :** Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 8 : Contrôle qualité et évaluation de la conformité ;

■ Une norme explicitant la méthodologie à suivre lors d'une opération de protection, de réparation et/ou du renforcement d'une structure en béton :

- **NF EN1504-9 :** Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 9 : Principes généraux d'utilisation des produits et systèmes ;

■ Une norme consacrée à la mise en œuvre sur le chantier et au contrôle qualité :

- **NF EN1504-10 :** Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 10 : application sur site des produits et systèmes et contrôle de la qualité des travaux ;

Cette série de normes fait l'objet du mandat de la Communauté Européenne M/128, qui établit les conditions du marquage CE imposé par la Directive Produits de Construction ou DPC (89/106/CE[26]). Ces normes, pour la plupart, ont le statut de normes harmonisées (voir le site www.dpcnet.org/scr qui donne la liste des normes harmonisées).

Ces diverses normes de la série 1504-** renvoient en tant que de besoin à des normes d'essai **EN-ISO** ou **EN.** Ces normes d'essais remplacent mais, en partie seulement, les normes d'essais de la série **P18-8**.** En effet, certaines normes françaises d'essais n'ont pas d'équivalent à l'échelon européen (voir le tableau ci-après).

Note : la mise en application des normes produits et systèmes est facilitée par la norme NF EN1504-10 qui traite de la mise en œuvre des produits et systèmes ainsi que des contrôles d'exécution. Cependant, cette norme ne traite pas du nombre des essais, des épreuves d'étude et de convenance. De plus, les exigences en matière de contrôle de réception des produits sont réduites au minimum (il n'y a aucun prélèvement conservatoire ni d'essai d'identification)…
Les développements du présent **GUIDE FABEM 3 version 2,** mais aussi ceux des autres **GUIDES FABEM** auxquels il renvoie, complètent, en tant que de besoin, les normes européennes.

[26] *Remplacée en 2013 par le « Règlement Produits de Construction » (RPC).*

NOTA IMPORTANT : dans les différents tableaux qui suivent, les normes citées dans le **GUIDE FABEM 3 version 2** apparaissent dans les cases de **couleur verte.** Attention cependant, toutes les normes visées dans une norme particulière ne figurent pas forcément dans les tableaux ci-après.

1.3 NORMES FRANÇAISES

1.3.1 GENERALITES

> Il s'agit :

- des normes d'exécution de la série **NF P95-10*** sur la réparation et le renforcement des structures en béton et en maçonnerie listées dans le Tableau 1 ci-après ;
- des normes françaises homologuées ou expérimentales et des fascicules de documentation de la série **P18-8**** encore en vigueur et relatifs aux produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique listés dans le Tableau 2 ci-après ;
- des normes et fascicules de documentation relatifs aux ciments et listés dans le Tableau 3 ci-après ;
- des normes et fascicules de documentation relatifs aux adjuvants et coulis à base de liants hydrauliques et listés dans le Tableau 4 ci-après ;
- des normes et fascicules de documentation relatifs aux produits et systèmes d'injection et listés dans le Tableau 5 ci-après ;
- des marques NF,
- des normes d'essai relatives aux contrôles d'exécution et listées dans le Tableau 6 ci-après ;
- des fascicules du CCTG listés dans le Tableau 7 ci-après ;
- des guides et documents techniques listés dans le Tableau 8 ci-après ;
- des documents et textes divers listés dans le Tableau 9 ci-après.

Les normes qui doivent être disponibles sur le chantier sont celles qui concernent **le marché et/ou les travaux et/ou les contrôles** imposés par **le marché.**

1.3.2 NORMES DE LA SERIE P95-10*

> Ces normes françaises des années 90 mais dont certaines ont été révisées traitent les techniques de réparation. Il s'agit des normes :

- **NF P95-101** (en cours de révision), qui traite de la reprise des bétons dégradés superficiellement,
- **NF P95-102,** qui traite du béton projeté (la projection étant une des techniques de mise en œuvre des mortiers et bétons lors d'une réparation ou d'un renforcement) ;

Annexe

- **NF P95-103** révisée, qui traite de l'injection, du calfeutrement et du pontage des fissures ainsi que de la protection du béton ;
- **NF P95-104** (révision nécessaire), qui traite de la précontrainte additionnelle.

Note : les normes NF P95-101 (en cours de révision) **et NF P95-103** (révisée) prennent en compte les apports des normes européennes. Elles contiennent des dispositions qui n'apparaissent pas dans la norme **NF EN1504-10** (comme la notion d'épreuves d'étude et de convenance…).

Note : dans les tableaux ci-après les cases des normes citées dans le guide sont tramées en vert clair.

Type de norme	Norme	Date de publication	Observations
De spécifications, de travaux et de contrôle	***« Rév »*** NF P95-101 : Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie – Reprise du béton dégradé superficiellement – Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés.	Novembre 1993	
	NF P95-102 : Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie – Béton projeté – Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés.	Avril 2002	
	NF P95-103 : Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie - Traitement des fissures et protection du béton – Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés.	Enquête en cours après révision	
	NF P95-104 : Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie - Spécifications relatives à la technique de précontrainte additionnelle.	Décembre 1992 (en grande partie obsolète). Consulter le guide FABEM 8	

*Tableau 1 : normes de la série NF P95-1***

Note : la marque ***« Rév »*** indique les normes en cours de révision.

1.3.3 NORMES DE LA SERIE P18-8** RELATIVES AUX PRODUITS DE RÉPARATION POUR BETON

La plupart des normes et fascicules de documentation de cette série ont été supprimés, celles et ceux qui n'ont pas d'équivalence européenne restent en vigueur. Elles figurent dans le tableau ci-après.

Les normes conservées sont incorporées dans le nouveau référentiel de **la Marque NF – produits spéciaux destinées aux constructions en béton hydraulique (règlement NF 030)** qui prend en compte les normes européennes de la série **NF EN1504-**.**

Type de norme	Normes des produits et d'essais	Date de publication	Observations
De performances (1) (essais)	NF P18-807 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits à base de liants hydrauliques ou de résines synthétiques - Perte au feu à + 450 degrés Celsius et teneur en cendres à + 950 degrés Celsius.	Novembre 1989	
	NF P18-810 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits à base de liants hydrauliques ou de résines synthétiques - Détermination de la Durée Pratique d'Utilisation (DPU).	Décembre 2009. La DPU diffère du temps ouvert (NF EN12189)	
Type de norme	**Produits de calage et de scellement**	**Date de publication**	**Observations**
De spécifications	NF P18-821 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits de calage et de scellement à base de liants hydrauliques – Caractères normalisés et garantis.	Août 2013	
	NF P18-822 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits de calage et de scellement à base de résines synthétiques – Caractères normalisés et garantis.	Décembre 2009	
De conception	FD P18-823 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits de scellement à base de liants hydrauliques ou de résines synthétiques – Recommandations pour le dimensionnement des scellements de barres d'armature dans le béton.	Octobre 2011	
De performances (1) (essais)	NF P18-832 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits de calage à base de liants hydrauliques – Essai d'aptitude à la mise en place.	Mai 2012	
	XP P18-834 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits de calage à base de liants hydrauliques – Essai de ressuage en milieu confiné.	Octobre 1992	
	XP P18-835 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits de calage à base de résines de synthèse – Essai de fluage en compression à + 23 degrés Celsius et + 70 degrés Celsius.	Avril 1993	
	XP P18-837 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits de calage et/ou scellement à base de résines synthétiques – Essai de tenue à l'eau de mer et/ou à l'eau à haute teneur en sulfate.	Avril 1993	
Type de norme	**Produits de réparation de surface**	**Date de publication**	**Observations**
De performances (1) (essais)	XP P18-851 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits ou systèmes à base de résines synthétiques ou de liants hydrauliques destinés aux réparations de surface du béton durci – Essai de flexion sur éprouvette évidée et reconstituée.	Novembre 1992	
	XP P18-855 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits ou systèmes à base de résines synthétiques ou de liants hydrauliques destinés aux réparations de surface du béton durci – Essai de perméabilité aux liquides sur éprouvettes à surface sciée.	Novembre 1992	
Type de norme	**Produits de collage**	**Date de publication**	**Observations**
De performances (1) (essais)	NF P18-874 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits pour collage structural entre deux éléments de béton – Essai de détermination du temps limite d'assemblage.	Juillet 1989	
Type de norme	**Produits d'injection**	**Date de publication**	**Observations**
De performances (1) (essais)	XP P18-893 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits à base de résines synthétiques pour injection dans des structures en béton - Essai de fragilité au choc.	Octobre 1992	
	XP P18-897 : Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits à base de résines synthétiques pour injection dans des structures en béton - Essai de tenue de l'adhérence sous circulation d'eau.	Novembre 1994	

*Tableau 2 : normes de la série P18-8** encore en vigueur*

Note : (1) les essais de performance servent également à la sélection des produits.

Annexe

1.4 NORMES RELATIVES AUX PRODUITS D'INJECTION FABRIQUÉS SUR CHANTIER

Il s'agit de normes complémentaires aux normes visées précédemment et auxquelles il est possible de faire référence lorsque les produits d'injection sont fabriqués sur le chantier (par exemple, pour la fabrication de coulis à base de ciment). Certaines de ces normes concernent les coulis de précontrainte. Elles sont à adapter aux coulis d'injection des fissures (par exemple, les mesures de la fluidité de l'exsudation peuvent servir à contrôler la stabilité des paramètres du coulis pendant toute la durée de l'injection…).

1.4.1 NORMES ET FASCICULES DE DOCUMENTATION RELATIFS AUX CIMENTS

Type de norme	Norme	Date de publication	Observations
De conception	FD P15-010 : Liants hydrauliques – Guide d'utilisation des ciments.	Octobre 1997	
De contrôle	NF P15-300 : Liants hydrauliques – Vérification de la qualité des livraisons – Emballage – Marquage.	Décembre 1981	
De performances (essais)	NF P15-301 : Liants hydrauliques – Ciments courants – Composition, spécifications et critères de conformité.	Juin 1994	**Voir aussi la norme NF EN197-1**
De spécifications	NF P15-302 : Liants hydrauliques – Ciments à usage tropical – Composition, spécifications et critères de conformité.	Septembre 2006	
	NF P15-314 : Liants hydrauliques – Ciment prompt naturel (1)	Février 1993	
	NF P15-317 : Liants hydrauliques - Ciments pour travaux à la mer.	Septembre 2006	
	NF P15-318 : Liants hydrauliques - Ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint.	Septembre 2006	
	NF P15-319 : Liants hydrauliques - Ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates.	Septembre 2006	
De contrôle	XP P15-466 : Liants – Reconnaissance rapide des ciments à la livraison par rapport à un échantillon de référence.	Août 1983	
De performances (essais)	NF EN196-3 + A1 : Méthodes d'essai des ciments - Partie 3 : détermination du temps de prise et de la stabilité.	Janvier 2009	
De contrôle	NF EN197-2 : Ciments –Partie 2 : évaluation de la conformité.	Février 2001	**La norme NF EN197-3 n'existe pas**
De spécifications	NF EN197-1 : Ciment - Partie 1 : composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants.	Avril 2012	
	NF EN197-4 : Ciments –Partie 4 : composition, spécifications et critères de conformité des ciments de haut fourneau et à faible résistance à court terme.	Décembre 2004	

Tableau 3

(1) le ciment prompt naturel peut être utilisé pour faire des cachetages en présence d'eau en cas de fuite du produit d'injection…

1.4.2 NORMES ET FASCICULES DE DOCUMENTATION RELATIFS AUX ADJUVANTS ET COULIS

Type de norme	Norme	Date de publication	Observations
De performances (essais)	XP P18-358 : Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis – Coulis courants d'injection pour précontrainte – Mesure de la fluidité et de la réduction d'eau.	Juillet 1985	
	XP P18-359 : Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis – Coulis courants d'injection pour précontrainte – Mesure de l'exsudation (stabilité).	Juillet 1985	
	NF P18-360 : Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis – Coulis courants d'injection pour précontrainte – Essai mécaniques flexion-compression.	Juillet 1985	
	XP P18-361 : Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis – Coulis courants d'injection pour précontrainte – Mesure du retrait.	Juillet 1985	
	XP P18-362 : Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis – Coulis courants d'injection pour précontrainte – Détermination des temps de début et fin de prise.	Juillet 1985	
	XP P18-363 : Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis – Coulis courants d'injection pour précontrainte – Détermination de la fausse prise (essai Tusschenbroeck).	Décembre 1986	
	NF P18-364 : Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis – Coulis courants d'injection pour précontrainte – Essai d'absorption capillaire.	Juillet 1985	
	NF EN445 : Coulis pour câbles de précontrainte – Méthodes d'essai (fluidité, exsudation et résistance à la compression)	Décembre 2007	
De travaux	NF EN446 : Coulis pour câbles de précontrainte – Procédures d'injection de coulis.	Décembre 2007	
De spécifications	NF EN447 : Coulis pour câbles de précontrainte – Prescriptions pour les coulis courants.	Décembre 2007	
De performances (essais)	NF EN480-2 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Méthodes d'essai – Partie 2 : détermination du temps de prise.	Novembre 2006	La norme NF EN480-1 concerne le béton et le mortier de référence
	NF EN480-5 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Méthodes d'essai – Partie 5 : détermination de l'absorption capillaire.	Janvier 2006	La norme NF EN480-4 concerne le ressuage du béton
	NF EN480-6 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Méthodes d'essai – Partie 6 : analyse infrarouge.	Janvier 2006	
	NF EN480-8 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Méthodes d'essai – Partie 8 : détermination de l'extrait sec conventionnel.	Juillet 2012	
	NF EN480-10 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Partie 10 : détermination de la teneur en chlorure dans l'eau.	Novembre 2009	La norme NF EN480-11 concerne les vides d'air du béton
	NF EN480-12 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Méthodes d'essai - Partie 12 : détermination de la teneur en alcalis dans les adjuvants..	Mars 2006	La norme NF EN480-13 concerne le mortier à maçonner de référence
	NF EN480-15 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Méthodes d'essai - Partie 15 : détermination de l'effet sur la tendance à la corrosion de l'acier pour armature au moyen d'un essai électrochimique potentiostatique.	Mai 2013	La norme NF EN480-14 concerne le béton
De spécifications	NF EN934-1 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Partie 1 : exigences communes.	Avril 2008	La norme NF EN934-2 concerne les adjuvants pour béton

Annexe

Type de norme	Norme	Date de publication	Observations
De spécifications et de contrôle	NF EN934-4 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Partie 4 : adjuvants pour coulis pour câbles de précontrainte – Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage.	Août 2009	**Les normes NF EN934-3 et 5 concernent les adjuvants pour mortier de montage (3) et les bétons projetés (5)**
De contrôle	NF EN934-6 + A1 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Partie 6 : échantillonnage, contrôle et évaluation de la conformité.	Mars 2006	
De spécifications et de contrôle	NF EN1008 : Eau de gâchage pour bétons – Spécifications d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi… (1).	Juillet 2003	

Tableau 4

(1) Il est admis que l'eau potable satisfait aux spécifications de la norme.

1.4.3 PRINCIPALES NORMES ET FASCICULES DE DOCUMENTATION RELATIFS AUX PRODUITS ET SYSTÈMES D'INJECTION

Type de norme	Norme	Date de publication	Observations
De performances (essais) et de contrôle	NF EN196-3 + A1 : Méthodes d'essai des ciments - Partie 3 : détermination du temps de prise et de la stabilité.	Janvier 2009	**(H) concerne les produits et systèmes (H)** **(P) Concerne les produits et systèmes (P)** **F Concerne les produits et systèmes de classe F** **D Concerne les produits et systèmes de classe D** **S Concerne les produits et systèmes de classe S** **(1) Si la norme NF EN1771 (injectabilité) n'est pas applicable, il faut utiliser la norme NF EN12618-2 (adhérence)**
	NF EN1771 : Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton - Méthodes d'essai - Détermination de l'injectabilité et essai de fendage. (H - F) (P – F - D) (1)	Janvier 2005	
	NF EN12618-1 : Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton - Méthodes d'essai - Partie 1 : capacité d'adhérence et d'allongement des produits d'injection à ductilité limitée. (P - D)	Janvier 2004	
	NF EN12618-2 : Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton - Méthodes d'essai - Partie 2 : détermination de l'adhérence des produits d'injection, après cycles thermiques ou non - Adhérence par résistance en traction. (H - F) (P - F) (1)	Février 2005	
	NF EN12618-3 : Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton - Méthodes d'essai - Partie 3 : détermination de l'adhérence des produits d'injection, après cycles thermiques ou non – Méthode par cisaillement oblique	Avril 2005	
	NF EN14117 : Produits et systèmes de protection et de réparation des structures en béton - Méthodes d'essai – Détermination de la viscosité de produits d'injection à base de ciment. (H - F)		
	NF EN14497 : Produits et systèmes de protection et de réparation des structures en béton - Méthodes d'essai – Détermination de la stabilité de filtration. (H - F)		
	NF ENISO527-1 : Plastiques - Détermination des propriétés en traction - Partie 1 : principes généraux. (P)	Avril 2012	
	NF ENISO527-2 : Plastiques - Détermination des propriétés en traction - Partie 2 : conditions d'essai des plastiques pour moulage et extrusion. (P)	Avril 2012	
	NF ENISO3219 : Plastiques – Polymères / résines à l'état liquide, en émulsion ou en dispersion - Détermination de la viscosité au moyen d'un viscosimètre rotatif à gradient de vitesse de cisaillement défini. (P - F - D - S)	Novembre 1994	
	NF ENISO9514 : Peintures et vernis - Détermination du délai maximal d'utilisation après mélange des systèmes de revêtement multicomposants - Préparation et conditionnement des échantillons et lignes directrices pour les essais. (H -F) (P – F – D – S)	Octobre 2005	

Tableau 5

1.5 NORMES D'ESSAIS-CONTRÔLES D'EXÉCUTION

Type de norme	Norme	Date de publication	Observations
De performances (essais)	NF EN445 : Coulis pour câbles de précontrainte – Méthodes d'essai (fluidité, exsudation et résistance à la compression)	Décembre 2007	
	NF EN1542 : Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton - Méthodes d'essais – Mesurage de l'adhérence par traction directe.	Juillet 1999	
	NF EN12390-8 : Essai pour béton durci – Partie 8 : profondeur de pénétration d'eau sous pression.	Avril 2012	
	NF EN12504-1 : Essais pour béton dans les structures – Partie 1 : carottes – Prélèvements, examen et essais en compression	Avril 2012	
	NF EN12504-4 : Essais pour béton dans les structures – Partie 4 : détermination de la vitesse de propagation du son.	Mai 2005	
De spécifications	NF EN13501-1 + A1 : Classement au feu des produits et éléments de construction.	Février 2013	
De contrôle	NF EN ISO868 : Plastiques et ébonite – Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore).	Juillet 2003	
De performances (essais)	NF EN ISO9514 : Peintures et vernis – Détermination du délai maximal d'utilisation après mélange des systèmes de revêtements multicomposants – Préparation et conditionnement des échantillons et lignes directrices pour les essais (durée de vie en pot).	Octobre 2005	
De contrôle	ISO4677-1 : Atmosphères de conditionnement et d'essai. Détermination de l'humidité relative. Partie 1 : méthode utilisant un psychromètre à aspiration	Octobre 1985	
	ISO4677-2 : Atmosphères de conditionnement et d'essai. Détermination de l'humidité relative. Partie 2 : méthode utilisant un psychromètre fronde	Octobre 1985	
	BS1881 : Essais du béton - Guide pour l'utilisation des méthodes d'essai non destructrices sur le béton durci.	Février 1986	

Tableau 6

1.6 AGREMENTS TECHNIQUES EUROPEENS (P.M.)

Les ATE en vigueur sont consultables sur le site www.dpcnet.org.

Annexe

1.7 MARQUE NF - PRODUITS SPECIAUX DESTINÉES AUX CONSTRUCTIONS EN BÉTON HYDRAULIQUE

> La Marque NF recouvre quasiment l'ensemble des produits de réparation du béton relevant des normes de la série NF EN1504-* * et des normes encore en vigueur de la série P18-8* *. Elle garantit :

- la conformité du produit certifié aux exigences de la norme de spécifications (les caractères normalisés garantis) à laquelle elle se réfère ;
- l'existence, dans la chaîne de production et de distribution, d'une organisation de la qualité reconnue.

Pour de plus amples détails, il faut se référer **au règlement de la marque référencé NF 030.** Le site de **l'AFNOR** donne la liste des produits de réparation admis à la marque.

Rappels

- les caractères normalisés peuvent comporter plusieurs niveaux ou classes de performance… Les valeurs correspondantes figurent obligatoirement dans la notice technique du produit et peuvent figurer sur l'étiquette de marquage ;
- **la marque NF** peut se superposer à **un marquage CE** si le produit satisfait à des exigences supplémentaires ou à une organisation de la qualité plus élevée que celle fixée par la norme européenne.

Remarque : à ce jour, **la marque NF** ne traite pas des produits et systèmes pour la protection des bétons. De plus, aucun produit ou système d'injection n'est admis à la marque.

Annexe

Fascicule	Date de publication	Observations
Fascicule 65 : Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou en béton précontraint par post-tension.		En phase d'approbation après sa révision entraînée par la parution de la norme NF EN13670 sur l'exécution des structures en béton
Chapitre XI (injections en fondations) du fascicule n°68 : Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil.	Octobre 1993	

Tableau 7

Guides et documents techniques 3

Annexe

Document	Date de publication	Observations
Guide technique LCPC-SETRA : Choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton.	Août 1996	
Guide AFGC : réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion	Novembre 2003	
Guide technique LCPC : Aide à la gestion des ouvrages atteint de réactions de gonflement interne.	Novembre 2003	
Guide technique IFSTTAR : protection et réparation des ouvrages atteints de réaction de gonflement interne » – Recommandations provisoires.	Octobre 2010	
Guide SETRA, SNCF, TP de France et SNBATI : Mise en œuvre des Plans d'Assurance de la Qualité – Exécution des ouvrages en béton armé et en béton précontraint.	Décembre 1991	
Guide de rédaction d'un PAQ - Plan d'Assurance Qualité – STRRES.	Septembre 2000	
Recommandations du SETRA de 1993 : Marchés pour la réparation et la modification d'ouvrages d'art – Préparation et rédaction.	Février 1993	**Consulter les CCTP-types relatifs aux réparations et renforcements**
GA P18-902 : Guide d'application – Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton – Recommandations pour la sélection des systèmes de protection de surfaces en béton destinés aux ouvrages de génie civil.	À paraître en 2013 après révision	
Guide ISO/TR 16475 « Guideline for repair of water-leakage cracks in concrete structures » du TC71-SC7-WG3.	2011	
Guide de l'AFTES GT9R1F2 « Traitement des arrêts d'eau dans les ouvrages souterrains ».	2006	**En révision**

Tableau 8 : guides et ouvrages techniques

Documents et textes divers 4

Annexe

Documents divers	Observations
Directive Produits de Construction 89/106/CEE du 21 décembre 1988 modifiée par la Directive 93/68/CEE du 22 juillet 1993 remplacée par le RPC.	**www.dpcnet.org (Réglementation Européenne des Produits de Construction)**
Le Règlement sur les Produits de la Construction dit RPC (Réf. N° 305/2011 du Parlement Européen et du Conseil en date du 9 Mars 2011 établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction et abrogeant la directive 89/106/CEE du Conseil)	
Arrêté du 18 septembre 2006 modifiant l'arrêté du 21 novembre 2002 modifié relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement.	**J O du 6 octobre 2006**
Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages.	**J O du 14 mars 2011**
L'arrêté du 14 décembre 2011, modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 (application de la directive européenne Seveso II) relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses.	
Étiquetage ancienne réglementation : • pour les produits : arrêté ministériel du 20 avril 1994 modifié transposant une directive européenne, • pour les préparations : arrêté du 9 novembre 2004 modifié.	
Étiquetage nouvelle réglementation dite CLP : CE n° 1272/2008 du 16 décembre 2008.	

Tableau 9 : documents et textes divers

Le comité de pilotage du guide révisé « Traitement des fissures par injection » [FABEM 3 – version 2] était composé de :

Christian TRIDON, président du STRRES
Bernard FARGEOT, président d'honneur du STRRES
Hubert LABONNE, vice-président d'honneur du STRRES
Gérard COLLE, vice-président d'honneur du STRRES
Jean-Pierre GADRET, vice-président d'honneur du STRRES
Gil CHARTIER, RCA
Christian TOURNEUR, FREYSSINET
Benjamin DAUBILLY, FNTP
Michel FRAGNET, expert
Patrick MOUTEL, OPPBTP
Yves PICARD, expert
Claude RESSE, ASQUAPRO

Le guide FABEM 3 – version 2 a été rédigé par :

Daniel POINEAU, expert

Ce document a été réalisé avec le concours
de la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP).

I Retour au sommaire I